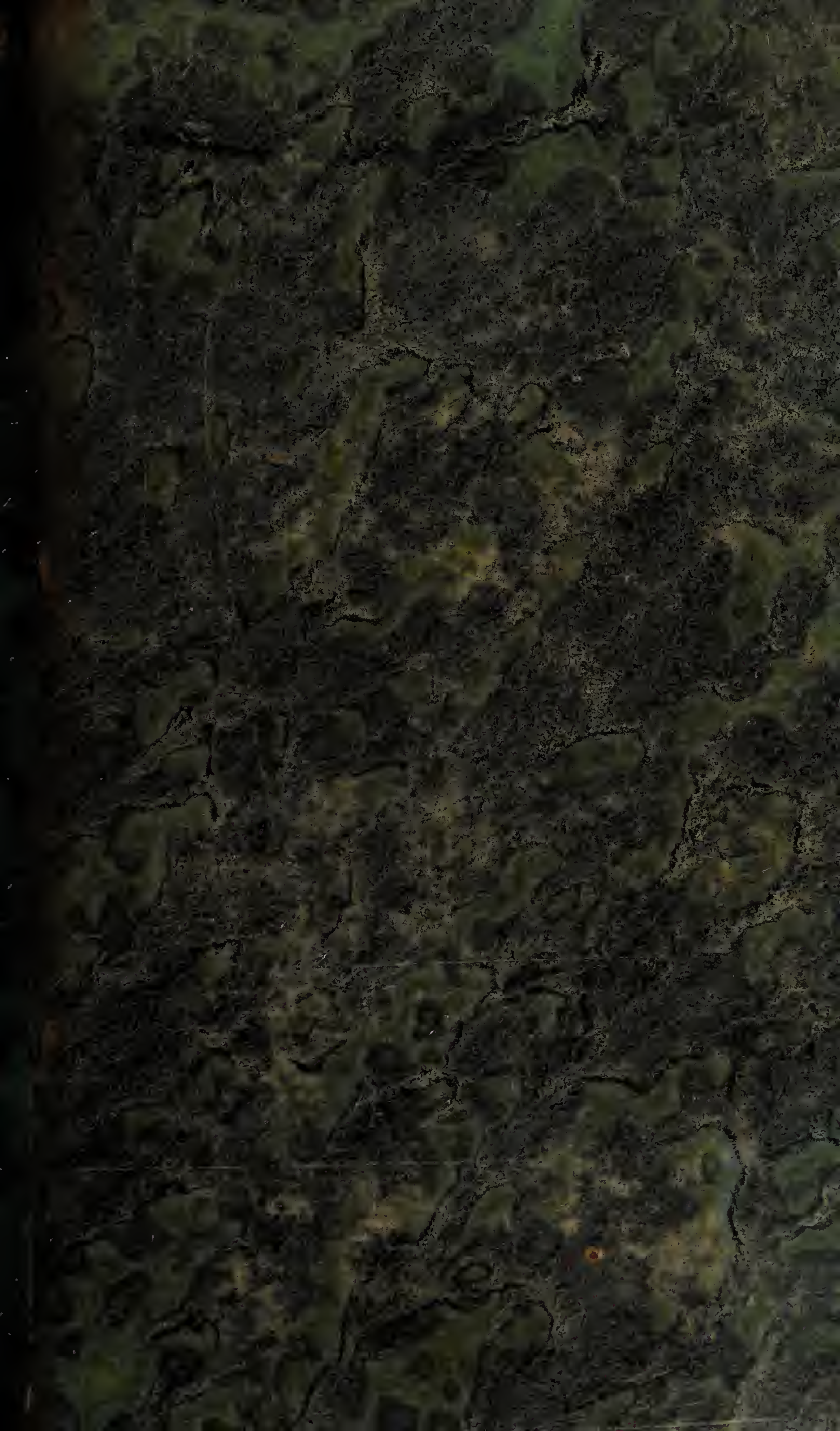



Vitam impendere Vero
Ex libris O. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XX.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGTIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, Cloître Saint-Benoît, n° 16, près celle des Mathurins.

1822.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

MÉMOIRE

Ayant pour objet de démontrer l'analogie de composition des minéraux qui cristallisent à la manière de l'amphibole.

PAR Mr P.-A. DE BONSDORFF.

(Extrait des *Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm*, pour 1821.)

QUAND l'oryctognoste, sans autre guide qu'un œil attentif et exercé, crut apercevoir une affinité très-prononcée et une transition graduelle bien évidente entre les minéraux qui, autrefois considérés comme des espèces distinctes, étaient connus sous les noms d'*amphibole*, de *grammatite*, d'*actinote* et d'*asbeste*; et quand ensuite le cristallographe eut prononcé avec une certitude mathématique que la forme cristalline de ceux d'entre eux dont les parties sont susceptibles de mesure était absolument identique, alors la tâche qui resta au chimiste fut de

rechercher quels élémens et quelles combinaisons de ces élémens sont essentiels au mode de cristallisation que ces minéraux affectent.

Cette détermination était sans doute d'un haut intérêt pour le minéralogiste qui, ne se bornant pas à étudier un seul côté de sa science, s'était convaincu que la minéralogie ne peut parvenir à être une science complète que par les efforts combinés de la chimie et de la cristallographie. Mais pour arriver à ce but, il était indispensable de faire une série d'analyses des variétés différentes de cette espèce minéralogique; car ce n'est que par la comparaison des résultats de ces analyses que l'on peut arriver à la connaissance des lois de composition communes à toutes ces variétés. D'après ces considérations, j'ai entrepris récemment une suite de recherches sur les minéraux dont je viens de parler : elles font le sujet du Mémoire que je soumets ici au jugement du lecteur.

Les minéralogistes sont principalement redevables à MM. Klaproth, Laugier et Hisinger de ce qu'ils savent jusqu'à présent sur la composition de l'amphibole et de la grammatite. Leurs analyses ont fait voir qu'outre la silice électro-négative, on y retrouve toujours de la magnésie et de la chaux, quoique dans des proportions variables, et quelquefois assez faibles; mais que l'alumine et l'oxide ou l'oxidule (protoxide) de fer tantôt y manquent absolument, et tantôt s'y présentent en très-grande quantité. Il restait donc à reconnaître, premièrement, si la présence de la magnésie et de la chaux détermine toujours la forme de cristallisation, et, dans ce cas, quel doit être leur degré de saturation par la silice;

deuxièmement, si les autres bases sont quelquefois tout-à-fait accidentelles, dans quelles circonstances elles le sont, et sous quelles conditions elles peuvent entrer dans des combinaisons soumises aux mêmes lois de cristallisation que les silicates de chaux et de magnésie. Mais, outre les parties constitutives que je viens d'énumérer, la découverte d'un second élément électro-négatif dans ces minéraux a ajouté de nouvelles difficultés à la solution de ces questions. En effet, ayant fait, en 1816, des recherches analytiques sur le pargasite, minéral dont la forme cristalline coïncide parfaitement avec celle de la grammatite ou de l'amphibole, je trouvai l'acide fluorique au nombre de ses parties constituantes, et quelque temps après je reconnus le même acide dans l'amphibole noir de Pargas, que l'on a trouvé cristallisé avec une rare perfection dans la même formation calcaire que le pargasite. Les analyses que j'ai eu occasion de faire plus récemment, et dont je donnerai la description plus bas, feront voir que l'acide fluorique paraît toujours faire partie de ces minéraux. Je vais maintenant mettre sous les yeux du lecteur le procédé analytique que j'ai suivi.

Après avoir choisi avec le plus grand soin les morceaux les plus purs, je les brisai sur une enclume pour mettre à découvert et enlever ensuite les substances étrangères qui pouvaient se trouver engagées entre leurs lames; et si le minéral provenait d'une matrice de spath calcaire ou était mélangé avec cette substance, je le réduisais en une poudre médiocrement fine, que je faisais digérer dans de l'acide acétique. Après cette opération préliminaire, je broyai ma poudre minérale avec de l'eau dans un mortier de calcédoine pour la laver et décanter. De

cette poudre ainsi obtenue, puis chauffée doucement jusqu'à siccité parfaite, je pris environ 2 grammes que je mêlai dans un creuset de platine, avec trois fois et demie son poids de carbonate de potasse, après quoi je chauffai le tout jusqu'au rouge durant une heure. Je trempai ensuite dans l'eau la masse ainsi traitée, et je la dissolvis dans l'acide muriatique ; je fis évaporer la dissolution, jusqu'à siccité parfaite, dans une capsule de porcelaine, au moyen d'une chaleur douce, en remuant, vers la fin de l'opération, la masse gélatineuse ; je versai ensuite dessus un peu d'acide muriatique étendu d'eau. Après quelque temps de digestion, et lorsque les grains de silice furent devenus transparens et incolores, j'ajoutai un peu d'eau, et je filtrai le mélange. La silice qui restait sur le filtre fut ensuite lavée à l'eau chaude, séchée, chauffée jusqu'au rouge et pesée.

La dissolution, passée au filtre, fut précipitée par l'ammoniaque de manière à ce que la neutralisation fût aussi exacte que possible, surtout lorsque la matière contenait une forte proportion d'alumine. Le précipité qui venait d'être séparé par la filtration fut lavé à l'eau chaude, et mis, encore humide, dans une solution de potasse, avec laquelle je le fis bouillir jusqu'à la séparation de l'alumine; ou bien je fis sécher le précipité, que je dissolvis ensuite dans l'acide muriatique, auquel cas il resta toujours une petite portion de silice. Je précipitai ma liqueur au moyen d'un excès de potasse avec laquelle je la fis digérer, après quoi je la filtrai et lavai le précipité. La lessive transparente, obtenue par l'un ou l'autre procédé, qui avait traversé le filtre, fut ensuite traitée par l'acide muriatique jusqu'à ce que le pré-

cipité d'alumine se dissolvît de nouveau, puis mêlée avec du carbonate d'ammoniaque; cela fait, je rassemblai sur le filtre la terre précipitée, que je pesai après l'avoir lavée à l'eau chaude, séchée et chauffée jusqu'au rouge. Traitée par l'acide sulfurique étendu d'eau, elle se dissolvit au moyen de la chaleur, mais toujours en laissant un petit résidu de silice dont je retranchai le poids de celui de la masse totale, et le sulfate d'alumine fut essayé et reconnu par sa propriété de donner de l'alun avec la potasse.

La terre ferrugineuse que n'avait pas dissoute la potasse caustique, fut dissoute dans de l'acide muriatique, auquel je mêlai de l'acide nitrique, et je fis bouillir le tout pour produire l'oxidation complète du fer. La solution fut ensuite étendue d'une grande quantité d'eau, exactement neutralisée par l'ammoniaque et précipitée par le succinate d'ammoniaque. Le succinate de fer, lavé à l'eau froide, fut séché, puis calciné dans un vase de platine ouvert jusqu'à ce qu'il donnât un oxide rouge qui ne fut nullement attirable à l'aimant. Du poids de cet oxide, je conclus celui de l'oxidule (protoxide) lorsque j'avais lieu de penser que c'était sous cette dernière forme que le fer entrait dans le minéral. La solution une fois débarrassée de l'oxide de fer, je la traitai par le carbonate d'ammoniaque pour voir si elle ne renfermait point encore un peu d'alumine; et en effet, il s'en trouvait quelquefois de petites portions. Je précipitai ensuite la liqueur bouillante au moyen du carbonate de potasse, ou, ce qui revenait au même, je mêlai ma solution avec la solution magnésienne, dont je décrirai plus bas le traitement, après la précipitation de

la chaux. Lorsque le minéral sur lequel j'opérais ne contenait point d'alumine, ou n'en contenait qu'une petite portion, alors je séparais immédiatement l'oxide de fer de la solution au moyen du succinate d'ammoniaque, et sans l'avoir traitée préalablement par la potasse; je précipitai ensuite l'alumine de la solution restante par le carbonate d'ammoniaque; l'alumine reste en effet dans une solution bien étendue, quand l'oxide de fer est précipité par le succinate, quoique cette terre, formant un sel peu soluble avec l'acide succinique, se précipite avec le fer dans une liqueur concentrée.

La solution qui avait été précédemment séparée du précipité formé par l'ammoniaque, était exposée à l'action de la chaleur d'où résultait le dégagement du petit excès d'alcali volatil, et la solution, ainsi neutralisée et bien étendue d'eau, était précipitée encore chaude par l'oxalate d'ammoniaque. Après que la solution avait été exposée à l'action d'une chaleur modérée pendant plusieurs heures, j'étais assuré que l'acide oxalique avait précipité autant de chaux qu'il le pouvait, et lorsqu'après avoir fait chauffer de nouveau pendant quelque temps la solution clarifiée, ou mieux une partie de cette solution passée au filtre et mêlée d'une nouvelle portion d'oxalate d'ammoniaque, je ne voyais plus la liqueur se troubler; alors je recueillais l'oxalate de chaux sur le filtre, et je le lavais à froid ou à chaud. Ce précipité, une fois séché, était soumis à une ignition modérée sur la lampe à esprit-de-vin, et se transformait alors en carbonate de chaux, que je pesais. Pour reconnaître si ce carbonate n'avait point perdu une partie de son acide carbonique, je versais dessus un peu d'une solution de carbonate d'am-

moniaque, et je le pesais après l'avoir fait sécher; mais le poids se trouvait presque toujours le même, ou ne surpassait le précédent que d'une quantité extrêmement petite. Cependant la combinaison de la chaux avec l'acide sulfurique offrant plus de facilité que le carbonate, tant pour reconnaître la pureté que pour déterminer le poids de cette terre, je dissolvais le carbonate de chaux dans l'acide muriatique, et après avoir mêlé de l'acide sulfurique à la dissolution, je la faisais évaporer, puis rougir. Dans toutes mes analyses, la détermination du poids de la chaux d'après le sulfate n'a servi qu'à confirmer celle que j'avais déduite du carbonate (1).

La solution, débarrassée de chaux, était concentrée par l'évaporation; et comme il arrive, pour peu que l'oxalate d'ammoniaque ait été mis en excès, qu'il se forme pendant l'évaporation un dépôt d'oxalate de magnésie (sel qu'on peut bien laver sur le filtre, mais qui, chauffé au rouge, se boursouffle avec tant de violence, qu'il est difficile d'en prévenir la dispersion), j'ajoutais quelques gouttes d'acide muriatique avant l'évaporation. La dissolution, un peu concentrée, était mêlée dans une capsule de platine avec une dissolution de carbonate de potasse dont je ne mettais d'abord qu'environ la quantité nécessaire à la décomposition du muriate d'ammoniaque; je la soumettais ensuite à l'action d'une chaleur assez forte, et en ajoutant plus tard une nouvelle quantité d'une solution chaude du même carbonate qui troublait la solution, je portais tout de suite la chaleur jus-

(1) Le tableau de M. Berzelius a servi de base à tous les calculs.

qu'au degré de l'ébullition. — Si l'on mêle tout d'un coup à la solution étendue d'eau une quantité de carbonate de potasse, telle que la magnésie se précipite en même temps que le sel ammoniac se décompose, et si l'on ne chauffe pas immédiatement et d'une manière assez brusque le mélange sur lequel on opère, il se forme, durant la lente volatilisation de l'acide carbonique, un carbonate double de magnésie et de potasse qui est très-peu soluble, et qui, en se mêlant au précipité de carbonate de magnésie, rend impossible le lavage de ce dernier : cela tient à ce que le sel double ne peut pas être débarrassé par l'eau de la potasse qu'il contient, et que l'eau employée à cet effet dissout les deux bases carbonatées, lesquelles cristallisent quelquefois dans la lessive passée au filtre, sous la forme de petits grains formés du même sel double. — Lorsque la terre précipitée pendant l'ébullition commençait à former au fond du vase un dépôt lourd, pulvérulent, composé de grains fins et semblable à du carbonate de chaux, je le lavais aussitôt sur le filtre; mais tant qu'il demeurait en suspension dans le liquide quelque chose de semblable à un précipité alumineux, ç'eût été peine perdue de le recueillir sur le filtre, et, dans ce cas, je poussais encore l'ébullition. Pour être sûr d'obtenir la précipitation de la totalité de la magnésie, je faisais évaporer la dissolution jusqu'à siccité parfaite, et je la remuais vers la fin avec une spatule de verre : l'objet de cette dernière opération était surtout d'empêcher l'agglomération qui a lieu quelquefois, et qui rend le lavage beaucoup plus difficile (1). La

(1) Pour éviter cet inconvénient, il vaut mieux évaporer la solution séparée du précipité.

masse sèche était alors dissoute dans l'eau chaude et chauffée jusqu'à l'ébullition ; on pouvait dès-lors juger si la terre était arrivée au point requis pour la filtration, c'est-à-dire, si elle se rassemblait bien au fond du vase après quelques instans de repos. A ce signe, je la déposais sur le filtre et la lavais à l'eau chaude. Le lavage du carbonate de magnésie, ainsi traité, est un des plus faciles ; pour un gramme, par exemple, cette opération se fait d'elle-même en moins d'une heure, et exige à peine une demi-livre d'eau. Ce carbonate, une fois lavé, était desséché, chauffé jusqu'au rouge et pesé (1) ; je le dissolvais ensuite dans l'acide muriatique (quelquefois dans l'acide sulfurique), et j'en tirais toujours de 1 à 2 pour cent de silice non dissoute. La solution, neutralisée par l'évaporation ou par l'ammoniaque, était traitée par l'hydro-sulfure d'ammoniaque lorsque j'avais lieu de croire que l'oxide de manganèse entrait dans la composition du minéral. L'hydro-sulfure de manganèse était dissous dans l'acide muriatique, filtré, précipité en ébullition par le carbonate de potasse, et l'oxide de manganèse était pesé après la dessiccation et l'ignition. La solution magnésienne, séparée de cet oxide et débarrassée par l'action de la chaleur de l'hydrogène sulfuré qu'elle contenait, était traitée par l'acide sulfurique et évaporée jusqu'à siccité ; en dissolvant dans un peu d'eau la matière ainsi desséchée, je pouvais juger s'il ne se trouvait point encore quelque reste de chaux parmi la mag-

---

(1) Ce carbonate de magnésie, desséché à une température de 80° c., donne environ 45 pour cent de magnésie pure.

nésie ; dans ce cas, il se formait un précipité de gypse que j'enlevais avec un peu d'eau versée goutte à goutte, et que je pesais après l'avoir fait rougir. J'essayais ensuite la solution par sa propriété de donner du sel amer cristallisé en prismes. Retranchant alors du poids total de la terre rougie celui de toutes les petites portions de silice, de manganèse et quelquefois de chaux qui pouvaient s'y trouver d'abord, je considérais le reste comme le poids de la magnésie. — Il est à remarquer que si, après avoir dissous dans l'acide sulfurique la magnésie précipitée et rougie, on fait évaporer le sel jusqu'à siccité, puis dissoudre dans l'eau, la silice qui reste, quoique entièrement séparée du gypse par le lavage, et quoique sensiblement égale en poids à celle que l'on aurait obtenue par la dissolution de la même terre dans l'acide muriatique, diffère cependant un peu de celle-ci quant à ses propriétés ; elle est très-volumineuse, et en apparence composée de petites écailles, se fond à demi au chalumeau, donne une couleur bleu clair avec la solution de cobalt, mais ne renferme que de très-faibles traces de chaux, et peut, quant au poids, passer pour de la silice. J'ai obtenu cette silice légèrement calcaire dans toutes les analyses que j'ai faites de minéraux magnésifères, lorsqu'après avoir dissous la magnésie dans de l'acide sulfurique, je traitais la dissolution de la manière que je viens d'exposer.

Pour mettre en évidence l'acide fluorique et en déterminer la quantité relative en même temps que celle des autres parties constituantes des minéraux, j'ai fait, à plusieurs reprises, l'essai de la méthode employée pour la première fois à cet effet, par M. Berzelius, dans l'ana-

lyse de la topase, méthode qui consiste à décomposer le minéral par le carbonate de soude; mais, quoique j'aie réussi par ce moyen à manifester la présence de l'acide fluorique, j'ai trouvé qu'il ne pouvait pas me conduire à un résultat quantitatif d'une exactitude suffisante par rapport à l'acide fluorique, sans doute parce que l'acide fluorique, conformément aux lois ordinaires de l'affinité, doit être combiné avec la chaux, et que le carbonate de soude a de la peine à détruire cette combinaison. Toutefois, après avoir employé le carbonate de soude pour la décomposition d'un minéral, j'ai achevé l'analyse et déterminé les autres élémens de la même manière qu'après avoir traité un minéral par le carbonate de potasse.

Pour déterminer la proportion d'eau contenue dans les minéraux en question, je faisais rougir une quantité de matière de 1 à 2 grammes dans un petit creuset de platine placé sur une lampe à esprit-de-vin, et je soutenais l'ignition pendant un quart d'heure : au bout de ce temps, la perte tombait entre 0,1 et 0,5 pour cent, et n'augmentait plus par la prolongation de l'ignition au même degré d'intensité; mais en exposant ensuite la même partie du minéral pendant une demi-heure à l'action d'une forte incandescence, il se faisait une nouvelle perte qui variait de 1 à 2,29 pour cent d'une espèce à l'autre. Après cette opération, les morceaux de cristaux avaient perdu leur éclat et leur couleur, et offraient, tant à la surface extérieure que dans la cassure, un aspect mat et livide, très-semblable à celui des cristaux d'un sel effleuri. Comme il y avait lieu de soupçonner que cette perte provenait d'un dégagement d'acide fluorique

silicé, résultant de la décomposition du fluate de chaux, je fis quelques expériences pour recueillir les gaz dans un appareil distillatoire. A cet effet, je choisis trois espèces qui avaient été trouvées dans des gisemens géognostiques différens, savoir, la grammatite de Gullsjö, qu'on rencontre dans le carbonate de chaux; la grammatite de Fahlun, qui est engagée dans du talc, et l'actinote vitreuse de Taberg, qui se trouve dans une couche de fer magnétique. 12 à 20 grammes de la matière la plus pure réduite en petits morceaux furent mis dans une cornue de porcelaine de Sèvres, à l'ouverture de laquelle était adapté, au moyen d'un bouchon de liége, un récipient de verre pourvu d'un tube fin pour le dégagement du gaz. La cornue fut soumise à une forte incandescence, durant une heure, dans un fourneau à réverbère, dont la chaleur était activée au moyen d'un long tuyau. Le résultat des expériences faites sur les trois espèces minérales que je viens de nommer fut constamment le même. Une petite quantité d'eau se dégageait d'abord lorsqu'elle n'avait pas été préalablement chassée par une ignition modérée; aussitôt après la substance du récipient commençait à être attaquée par l'acide fluorique mis en liberté, et des gouttes d'acide fluorique silicé coulaient le long de ses parois; une partie de ces gouttes, en se combinant sur la surface du verre avec une nouvelle quantité de silice, passait à l'état solide; l'autre partie se rassemblait au fond sous la forme liquide. La quantité de matière passée dans le récipient, ou, ce qui revenait au même, la perte de matière dans la cornue correspondait fort bien avec le déchet résultant de l'ignition des mêmes minéraux dans un creuset de platine. Je ju-

geai superflu de répéter cette expérience de distillation pour les autres espèces dont je décrirai plus bas les analyses ; la parité des phénomènes qu'elles offraient après l'ignition, tant sous le rapport du déchet que sous celui du changement d'aspect, prouvait assez que la même substance se dégageait, et le plus sûr moyen de déterminer la proportion d'acide fluorique fut toujours de la calculer d'après le dégagement d'*acide fluo-silicique*, en prenant pour base du calcul l'analyse que nous avons de ce double acide, c'est-à-dire, 59,11 p. de silice contre 40,89 p. d'acide fluorique.

Je vais maintenant présenter les résultats de mes diverses analyses, dans l'ordre qui m'a paru le plus naturel, eu égard à la composition des substances sur lesquelles j'ai opéré. Je les désignerai par leurs noms anciens, qui sont les plus généralement connus. J'indiquerai, pour chaque minéral, son principal caractère extérieur, ainsi que sa forme cristalline. M. Mitscherlich a eu la bonté de mesurer les angles de la plupart d'entre eux. Comme les cristaux dont j'avais fait choix présentaient des arêtes très-vives et des surfaces brillantes, on a pu, à l'aide d'un goniomètre de réflexion, déterminer avec exactitude l'inclinaison de leurs côtés dans le prisme quadrangulaire oblique. Toutes ces mesures se sont trouvées d'accord, les plus grandes différences entre des espèces distinctes n'ayant été que de cinq minutes environ; je donnerai cependant pour chaque minéral l'angle que le goniomètre a indiqué.

Grammatite de Gullsjö : se rencontre dans une carrière de chaux carbonatée spathique, près de Gullsjö en Wermeland. Elle est cristallisée sans facettes secon-

daires. La mesure a donné l'angle obtus entre les facettes *M M* égale à 124° 33′ $\frac{2}{3}$; en conséquence l'angle aigü est de 55° 26′ $\frac{1}{3}$. Elle est incolore, transparente ou translucide. Au chalumeau, elle se fond facilement avec un bouillonnement vif; après avoir été soumise à la forte ignition ou calcination dont nous avons parlé plus haut, les cristaux mats fondaient avec un bouillonnement moins fort.

Grammatite de Fahlun : se trouve engagée dans le talc, formant des prismes tétragonaux plus ou moins grands. Elle est d'une couleur jaune de miel; elle est un peu plus dure que les amphiboles en général (donne des étincelles sous l'acier); elle est plus difficile à fondre au chalumeau que les autres; mais elle offre aussi un bouillonnement assez considérable : après une calcination dans le creuset, le bouillonnement est beaucoup moindre.

Actinote vitreuse de Taberg. On la rencontre dans les mines de fer de Taberg en Wermeland; elle y est accompagnée de fer oxidulé, de talc vert feuilleté, et d'un peu de spath calcaire. Elle forme des faisceaux droits ou courbes, et fait, dans cet état, une transition insensible de rayons verts assez grossiers à des fils blancs très-fins, ayant parfaitement l'aspect de l'asbeste. Celle qui a été examinée ici est d'une couleur verte; elle est très-fragile, et a un éclat très-vitreux. Les surfaces fortement rayées des cristaux n'ont pas permis une détermination exacte des angles. — Au chalumeau, elle donne, dans la flamme extérieure, de petites bulles éclatantes accompagnées d'une espèce de phosphorescence : dans la flamme intérieure, elle fond avec difficulté et présente un verre opa-

que. Après la calcination dans le creuset, elle ne donne point de bulles au chalumeau et fond tranquillement.

Asbeste de Tarentaise (en Savoie). Sa couleur est blanche; il est flexible, élastique. — Dans la flamme extérieure au chalumeau, il présente une grande quantité de bulles incandescentes; mais dans la flamme intérieure il fond sans mouvement apparent. L'asbeste qui a été soumis à l'ignition dans le creuset se comporte à-peu-près de la même manière au chalumeau.

Grammatite claire de Aker : se trouve cristallisée en prismes tétragonaux : elle est engagée dans la chaux carbonatée de Aker en Sudermanland, où elle est accompagnée de spinelle, de mica et de parenthine compacte. Sa couleur est d'un gris clair, tirant tant soit peu sur le rouge; elle est translucide. La mesure a donné l'angle obtus de 124° 34'. — Au chalumeau, dans la flamme extérieure, elle pâlit, et présente de temps à autre quelques bulles; dans la flamme intérieure, sous une vive insufflation, elle fond avec un bouillonnement considérable. Après la calcination, les cristaux mats se fondent sans aucun mouvement (1).

---

(1) On pourrait conclure de ce phénomène que le bouillonnement excité par le chalumeau dans les amphiboles. etc. provient de l'expulsion de l'acide fluorique siliceux. C'est certainement ce qui a lieu, au moins dans les deux grammatites de Aker et les minéraux de Taberg et de Nordmark : tous ceux-ci n'offrent point de bouillonnement après l'ignition, qui leur donne l'aspect mat. Mais d'autres, comme ceux de Gullsjö et de Fahlun, bouillonnent même après la calcination, quoique avec moins d'énergie que dans l'état

Grammatite sombre de Aker : se trouve dans la même pierre calcaire et dans les mêmes circonstances que la précédente. Elle offre aussi les mêmes caractères extérieurs, excepté la couleur, qui est d'un gris brunâtre. On la trouve quelquefois cristallisée avec des facettes secondaires (1). La mesure de l'angle oblique a donné 124° 31′. Elle se comporte au chalumeau de la même manière que la précédente.

Amphibole de Nordmark : se trouve dans les mines de fer de Nordmark en Wermeland, où il est accompagné de fer magnétique, de chlorite vert sombre, et quelquefois d'apatite incolore. Sa couleur est noire ou d'un noir verdâtre ; il est opaque et donne une poudre verte. Réduit en poudre grossière, il est attiré par l'aimant ; ce qui arrive après la calcination même pour des morceaux assez gros. Le goniomètre a donné l'angle de 124° 28′ $\frac{2}{3}$. — Au chalumeau, il offre à-peu-près les mêmes phénomènes que l'actinote de Taberg ; même après la calcination, il ne présente point de bulles.

---

naturel. L'explication proposée serait donc démentie par les phénomènes qu'offrent ces deux minéraux ; mais peut-être y a-t-il une petite portion d'acide fluorique qui persiste dans le minéral malgré la calcination, et qui se dégage plus tard à une plus haute température sous l'action du chalumeau.

(1) C'est un fait digne d'attention, que les amphiboles qui contiennent de l'alumine, ou ceux dont la composition est plus compliquée, se trouvent cristallisés toujours ou presque toujours avec des facettes secondaires. Les grammatites, au contraire, d'une composition plus simple, ne présentent que les facettes primitives.

Amphibole de Vogelsberg (en Wetterau). Le gisement de cet amphibole m'est inconnu ; mais j'ai cru pouvoir conclure de l'aspect d'une substance renfermée dans les cavités des cristaux, que sa gangue est un basalte. Sa couleur, vue par réflexion, est noire ou d'un noir brunâtre, et par transmission, d'un brun rougeâtre ; il est translucide, et donne une poudre de couleur de rouille. Il est cristallisé en prismes hexaèdres avec facettes aux sommets; l'angle oblique du prisme primitif a été trouvé égal à 124° 32′ $\frac{2}{3}$. Il offre les mêmes phénomènes au chalumeau que l'amphibole de Nordmark ; mais il est le plus fusible de toutes les variétés déjà citées. Du reste, il m'a manqué une quantité suffisante de cet amphibole pour examiner sa nature par ignition dans le creuset.

Je veux encore indiquer ici les résultats des essais analytiques que j'ai faits, il y a plusieurs années, sur deux minéraux qui appartiennent à cette espèce minéralogique, et dont j'ai parlé plus haut, savoir, la *pargasite* et l'*amphibole de Pargas* (1). Ces minéraux se trouvent dans

(1) Ces analyses ont été publiées, à Abo, dans deux dissertations académiques, dont la dernière, qui contient en même temps les résultats de la première, est intitulée : *Nova experimenta naturam Pargasitæ illustrantia.* Mais il faut observer que, en conséquence de la difficulté avec laquelle s'opère la séparation de l'acide fluorique contenu dans ces minéraux, la quantité de cette substance ne fut pas alors assez exactement déterminée. Un essai plus récent, ayant pour objet de décomposer la pargasite avec du carbonate de soude, a donné, sur 200 parties de pargasite, 11,8 p. de fluate de chaux ; ce qui indiquerait 1,64 pour cent d'acide fluorique. Mais ce qui est plus décisif pour déterminer la quantité de l'acide fluo-

les carrières de chaux carbonatée de Pargas en Finlande, et ce qui est digne de remarque, c'est que, malgré l'analogie de leur composition, ils ne s'accompagnent jamais, et qu'on n'a jamais observé une transition de l'un à l'autre. La couleur du pargasite est verte; celle de l'amphibole est parfaitement noire. On les trouve soit en forme de grains, soit cristallisés en prismes hexaèdres, ayant toutes les facettes de l'amphibole, tant primitives que secondaires; mais la cristallisation de la variété noire est toujours plus complète. La variété verte est beaucoup plus translucide que l'autre. Tous deux se fondent au chalumeau avec un bouillonnement violent.

Le tableau suivant fait voir l'ensemble des résultats analytiques de toutes les variétés que nous avons mentionnées.

---

rique, c'est, comme nous l'avons déjà dit plus haut, la perte de poids résultant de l'ignition. En effet, la pargasite (quoique ne subissant aucune perte sensible au degré de chaleur qui suffit pour chasser l'acide fluorique des autres minéraux ci-dessus décrits) étant renfermée dans un creuset de charbon, et soumise pendant trois heures au degré de chaleur nécessaire pour la réduction et la fusion du fer, a éprouvé une perte de 3,92 parties pour cent, provenant du dégagement de l'acide fluorique siliceux. Cette expérience indiquerait que la quantité de l'acide fluorique est égale à 1,60, ce qui coïncide avec la première détermination. C'est conformément à ces expériences que j'ai corrigé la quantité de l'acide fluorique dans les résultats relatifs aux deux minéraux de Pargas.

	GRAMMATITE DE GULLSJÖ. 1re Analyse (*).	Oxigène.	GRAMMATITE DE GULLSJÖ. 2e Analyse (**).	Oxigène.	GRAMMATITE DE FAHLUN (*).	Oxigène.
Silice.........	60,31	30,20	59,75	30,05	60,10	30,23
Magnésie......	24,23	9,38	25,00	9,67	24,31	9,41
Chaux........	13,66	3,84	14,11	3,96	12,73	3,57
Alumine......	0,26	0,12	} 0,50	—	0,42	0,20
Oxidule de fer..	0,15...	—	}	—	1,00	0,23
Oxid. de mang.	— ...	—	....		0,47	0,10
Acide fluorique.	0,94	0,68	0,94	0,68	0,83	0,60
Eau..........	0,10......		0,10		0,15	
	99,95.		100,40.		100,01.	

	Actinote vitreuse de Taberg (**).	Oxigène.	Asbeste de Tarentaise (*).	Oxigène.
Silice.................	59,75	30,0	58,20	29,27
Alumine..............	....		0,14	0,06
Magnésie.............	21,10	8,16	22,10	8,55
Chaux................	14,25	4,00	15,55	4,37
Oxidule de fer........	3,95	0,90	3,08	0,71
Oxidule de manganèse..	0,31	0,07	0,21	0,05
Acide fluorique........	0,76	0,55	0,66	0,48
Eau.................			0,14	
	100,12.		100,08.	

	Grammatite claire de Aker (*).	Oxigène.	Grammatite sombre de Aker (*).	Oxigène.
Silice.................	56,24	28,29	47,21	23,75
Alumine..............	4,32	2,02	13,94	6,51
Magnésie.............	24,13	9,34	21,86	8,46
Chaux................	12,95	3,64	12,73	3,36
Oxidule de fer.........	1,00	0,23	2,28	0,52
Oxidule de manganèse..	0,26	0,06	0,57	0,12
Acide fluorique........	0,78	0,57	0,90	0,65
Eau..................	0,50.		0,44	
	100,18.		99,93.	

(*) Ce signe indique que les analyses auxquelles il se rapporte ont été faites par la décomposition du minéral au moyen de carbonate de potasse.

(**) Ces analyses ont été faites par la décomposition au moyen de carbonate de soude.

	Amphibole de Nordmark (**).	Oxigène.	Amphibole de Vogelsberg (**).	Oxigène.
Silice	48,83	24,56	42,24	21,24
Alumine	7,48	3,49	13,92	6,49
Magnésie	13,61	5,27	13,74	5,32
Chaux	10,16	2,84	12,24	3,44
Oxidule de fer	18,75	4,27	14,59	3,32
Oxidule de manganèse	1,15	0,25	0,37	0,07
Acide fluorique	0,41	0,30	des traces.	
Eau	0,50			
	100,89.		97,10.	

	Pargasite de Pargas (**).	Oxigène.	Amphibole de Pargas (**).	Oxigène.
Silice	46,26	23,26	45,69	22,98
Alumine	11,48	5,36	12,18	5,69
Magnésie	19,03	7,36	18,79	7,27
Chaux	13,96	3,92	13,83	3,88
Oxidule de fer	3,48	0,79	7,52	1,67
Oxidule de manganèse	0,36	0,08	0,22	0,05
Acide fluorique	1,60	1,16	1,50	1,09
Substance mélangée	0,43			
Eau	0,61			
	97,21.		99,53.	

Maintenant que j'ai présenté le résulat de mes recherches analytiques, il me reste à examiner la constitution chimique de l'espèce minérale dont il s'agit, sous le point de vue de la théorie moderne, et d'après les lois que cette théorie nous présente; mais je dois faire précéder cet examen de quelques mots sur une découverte récente d'une haute importance à cause du jour qu'elle jette sur la composition électro-chimique des minéraux. M. Mitscherlich a trouvé, par des expériences comparatives sur la cristallisation des sels, cette loi, que certaines bases (corps oxidés) qui renferment le même nombre d'atomes d'oxigène, étant combinées avec un même acide, au même

degré de saturation, cristallisent de la même manière. Il en a conclu que ces bases ont par elles-mêmes la propriété de cristalliser semblablement, ou sont, comme il le dit, *isomorphes*. Il a, en outre, tâché de prouver que les sels isomorphes peuvent cristalliser simultanément en conservant la forme qui leur est commune. M. Mitscherlich nous a déjà fait connaître plusieurs classes de ces bases isomorphes : la chaux, la magnésie, l'oxidule de fer, l'oxidule de manganèse et l'oxide de zinc, qui tous renferment deux atomes d'oxigène, forment une série; l'alumine, l'oxide de fer et l'oxide de manganèse, qui contiennent trois atomes d'oxigène, en forment une autre, et ainsi de suite (1). Si cette loi est vraie pour des combinaisons de ces bases avec des acides puissans, elle doit encore être vraie pour les combinaisons de ces bases avec des acides faibles, et s'étendre ainsi, dans le règne minéral, jusqu'aux silicates. Des comparaisons entre les compositions et les modes de cristallisation de divers minéraux confirment déjà cet aperçu théorique. M. H. Rose a fait voir son application aux minéraux qui possèdent la cristallisation du pyroxène, minéraux qui diffèrent de tant de manières dans leur composition, et j'aurai lieu de présenter plus bas de nouvelles preuves de la généralité de cette loi. Nous examinerons d'abord les grammatites de Gullsjö et de Fahlun, dont la composition est la plus simple.

---

(1) L'identité géométrique des cristaux du saphir (alumine) et du fer oligiste (oxide de fer) est, entre beaucoup d'autres, une preuve remarquable de l'isomorphisme de ces dernières bases.

Dans la *grammatite de Gullsjö*, les quantités d'oxigène, d'après la seconde analyse, sont dans le rapport suivant : dans la silice 30,0 ; dans la magnésie 9,67 ; dans la chaux 3,96, et dans l'acide fluorique 0,68. — Nous avons déjà dit plus haut que l'acide fluorique, selon toute probabilité et conformément aux lois ordinaires des affinités, doit être combiné avec la chaux ; du moins n'avons-nous actuellement aucune autre manière de concevoir sa présence dans le minéral. Le fluate de chaux est composé de 27,86 parties d'acide et 72,14 parties de chaux. 3,96—0,68=3,28, qui, multiplié par 3, est égal à 9,84, c'est-à-dire, très-près de la quantité d'oxigène de la magnésie, et 3,28 multiplié par 9 donne 29,52, qui coïncide avec la quantité d'oxigène de la silice. Ainsi, quand le fluate de chaux a été soustrait, il reste un atome de chaux, 3 atomes de magnésie et 9 de silice ; la formule minéralogique sera donc $CS^3 + 3MS^2$. Si l'on voulait comprendre le fluate de chaux dans la formule, on voit que l'oxigène contenu dans cet acide est $\frac{1}{5}$ de celui du reste de chaux, et par conséquent la composition de ce minéral pourrait être exprimée par $FlC + 5\,(CS^3 + 3MS^2)$; ce qui donnerait le résultat calculé : 59,26 silice, 25,68 magnésie, 14,15 chaux et 0,91 acide fluorique.

La *grammatite de Fàhlun* donne la même formule que la précédente ; et il faut observer, à ce sujet, que l'oxidule de fer et celui de manganèse suppléent les autres bases. En effet, nous avons dit plus haut que la magnésie, la chaux, les oxidules de fer et de manganèse sont des bases isomorphes, ou entrent dans des combinaisons isomorphes avec la même substance électro-négative. Il suit de

là que CS^3, MS^3, fS^3 et $mg\ S^3$ doivent cristalliser également, soit chacun en particulier, soit combinés entre eux de diverses manières; et la chose doit être la même pour CS^2, MS^2, fS^2, $mg\ S^2$, et ainsi de suite. Si donc l'on exprime, en général, par $\ddot{R}$ une telle base, la formule générale de cette espèce minéralogique serait $\ddot{R}S^3 + 3\ddot{R}S^2$. Nous verrons l'application de tout ce que nous venons de dire dans le développement de la composition des minéraux suivans.

L'actinote vitreuse de Taberg a donné pour la quantité d'oxigène de la silice 30,0; pour celle de la magnésie 8,16; pour celle de la chaux 4,0; pour les oxidules de fer et de manganèse 0,97, et pour l'acide fluorique 0,55. Nous voyons que 4,0—055=3,45, et que 8,16+0,97=9,12. La quantité d'oxigène de la chaux est donc un peu plus grande que le tiers de la somme de l'oxigène dans les autres bases; pourtant la formule ne peut qu'être analogue à celle que nous avons déjà donnée, et nous l'exprimerons ici par

$$CS^3 + 3\left\{\begin{matrix} M \\ f \end{matrix}\right\} S^2 \ (1).$$

---

(1) L'oxidule de manganèse est négligé dans la formule, comme étant en trop petite quantité. — Nous n'exprimons point dans les formules le rapport qui existe entre deux bases qui forment ensemble le bi-silicate ou le tri-silicate, lesquelles on pourrait appeler *coordonnées*, comme, par exemple, *M* et *f* dans le second terme. Quand la quantité de l'une de ces bases est très-petite, il est toujours facile de trouver un rapport des atomes; mais aussi le rapport trouvé est moins sûr. Dans l'actinote, par exemple, l'analyse a donné 9 particules de

L'*asbeste de Tarentaise* nous conduit à la même formule (1).

Il nous reste maintenant à examiner les grammatites ou amphiboles, qui, outre les parties constituantes ordinaires, contiennent encore de l'alumine. Les résultats de leurs analyses font voir que, toutes circonstances égales d'ailleurs, la quantité de la silice diminue à mesure que la proportion de l'alumine augmente. Il suit donc de là que l'alumine, dans ces minéraux, joue le même rôle que la silice, c'est-à-dire, forme un principe électro-négatif. Cette conclusion paraît être la plus naturelle; mais il reste encore à décider si l'alumine peut se substituer à la silice au même degré de saturation, c'est-à-dire, si, par exemple, un bi-aluminate est isomorphe avec un bi-silicate. S'il en était ainsi, il faudrait aussi qu'un atome d'alumine fût par lui-même isomorphe à un atome de silice. D'après les résultats des analyses des minéraux en question, il semblerait que 3 atomes de l'alumine remplaceraient 2 atomes de silice, c'est-à-

---

magnésie et 1 particule d'oxidule de fer. M. Mitscherlich a tiré de ses recherches sur les sels le résultat que les combinaisons isomorphes peuvent cristalliser ensemble sans qu'une proportion déterminée soit nécessaire entre elles. Quant à la composition des minéraux, cette circonstance ne paraît pas encore décidée.

(1) Le petit excès de chaux dans l'actinote et dans l'asbeste, que donnent les analyses par rapport aux formules, peut tenir à ce que la quantité de l'acide fluorique dans le minéral est réellement un peu plus grande que celle obtenue dans l'analyse.

dire, qu'un tri-aluminate serait isomorphe avec un bi-silicate : c'est aussi ce rapport que nous avons considéré d'abord comme le plus probable ; mais cette question est encore trop délicate pour que nous puissions en donner la solution avec assurance. Quoi qu'il en soit, le rôle électro-négatif de l'alumine dans les amphiboles paraît être un fait sur lequel il ne doit plus rester le moindre doute (1), et jusqu'à ce que les recherches ultérieures que je me propose de faire aient décidé avec certitude si l'alumine et la silice sont isomorphes pour le même nombre d'atomes ou pour des nombres inégaux, nous désignerons dans les formules minéralogiques l'exposant de l'alumine comme une quantité non encore déterminée. Au reste, nous avons trouvé qu'après la soustraction du fluate de chaux, le total de l'oxigène dans les bases, comparé avec l'oxigène de la silice, doit, pour constituer la formule proposée, être dans le rapport de 4 : 9. Par conséquent, 2,25 est le facteur par lequel il faut multiplier le total de la quantité d'oxigène dans les bases

---

(1) Je sais bien que l'alumine, dans les amphiboles, est considérée par quelques minéralogistes comme accidentelle et comme interposée entre les molécules des cristaux. Cela pourrait se dire à la rigueur si le minéral était formé dans une gangue alumineuse ; mais comment se figurer que, dans un cristal qui se trouve engagé dans une chaux carbonatée très-pure (comme cela a lieu pour les deux minéraux de Pargas et les grammatites de Aker), une quantité d'alumine qui va jusqu'à 12 ou 14 centièmes, puisse s'insinuer sans qu'elle soit attirée par les mêmes forces d'affinité que le sont les autres élémens ?

pour obtenir la quantité d'oxigène correspondante de la silice; réciproquement 0,444 est le facteur qui nous donne l'oxigène des bases, quand celui de la silice est connu. C'est par ce moyen que nous pouvons évaluer la capacité de l'alumine, quand elle remplace une plus ou moins grande partie de la silice.

La grammatite claire de Aker a donné l'oxigène pour la silice, 28,28; pour l'alumine 2,02; pour la magnésie 9,34; pour la chaux 3,64; pour les oxidules de fer et de manganèse 0,29, et pour l'acide fluorique 0,57. L'acide fluorique laisse 3,07 de l'oxigène de la chaux, et 3,07+9,34+0,29=12,70, quantité qui, multipliée par 2,25, est =28,575, et représente l'oxigène de la silice nécessaire pour les bases. La proportion d'alumine dans ce minéral est trop petite pour qu'elle puisse servir à décider la chose en question : cependant on voit que l'oxigène de la chaux est $\frac{1}{3}$ de l'oxigène des autres bases.

La grammatite sombre de Aker a donné pour la silice 23,75 d'oxigène; pour l'alumine 6,51; pour la magnésie 8,46; pour la chaux 3,56; pour les oxidules métalliques 0,64, et l'acide fluorique 0,65. Nous avons 3,56 — 0,65 = 2,91; et 2,91 + 8,46 + 0,64 = 12,01, qui × par 2,25 = 27,02. Il manque donc 3,27 parties d'oxigène dans la silice, lesquelles sont suppléées par l'alumine, et la formule sera exprimée par

$$CS^3 + 3 \left\{ \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} \begin{matrix} S^2 \\ A^x. \end{matrix}$$

L'oxigène de l'acide fluorique est aussi, dans ces deux minéraux, $\frac{1}{5}$ de la quantité totale de l'oxigène de la

chaux, et ainsi on pourrait exprimer le fluate dans cette formule, comme dans celle que nous avons donnée pour les grammatites de Gullsjö et de Fahlun.

L'amphibole de Nordmark donne pour l'oxigène de la silice 24,56; pour l'alumine 3,49; pour la magnésie 5,27; pour la chaux 2,84; pour l'oxidule de fer 4,27; pour l'oxidule de manganèse 0,25, et pour l'acide fluorique 0,30. Nous avons 2,84 — 0,30 = 254; et 5,27 + 4,27 + 2,54 + 0,25 = 12,33; enfin, 12,33 × 2,25 = 27,74, quantité qui surpasse l'oxigène de la silice de 3,18. Du reste, l'oxigène du manganèse ajouté à celui de la chaux est $\frac{1}{3}$ de l'oxigène des deux autres bases, et la formule sera:

$$\left\{\begin{matrix} C \\ mg \end{matrix}\right\} S^3 + \left\{\begin{matrix} M \\ f \end{matrix}\right\} \begin{matrix} S^2 \\ A^x \end{matrix}.$$

L'amphibole de Vogelsberg donne pour l'oxigène de la silice 21,24; de l'alumine 6,49; de la magnésie 5,32, et de la chaux 3,44. Si le fer est considéré comme oxidulé, son poids est 14,59, qui contient 3,32 parties d'oxigène. Mais la propriété bien remarquable de cet amphibole, de donner une poudre d'un brun jaunâtre, semble indiquer que au moins une partie du fer doit se trouver, dans le minéral, à l'état d'oxide; mais cette partie n'est sans doute qu'un mélange mécanique accidentel. L'analyse par la voie humide n'a donné que des traces d'acide fluorique, et comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, le défaut d'une quantité suffisante de minéral nous a empêché de l'examiner sous ce rapport par l'ignition. Quoi qu'il en soit, on voit que sa composition est

très-analogue à celle des minéraux précédens, et sa formule la plus probable sera :

$$CS^3 + 3 \left\{ \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} \begin{matrix} S^2 \\ A^x \end{matrix}$$

Dans la *pargasite* et l'*amphibole de Pargas*, un calcul semblable à celui que nous avons donné pour toutes les variétés précédentes fait voir qu'après que le fluate de chaux est soustrait, l'oxigène de la chaux est $\frac{1}{3}$ de l'oxigène des autres bases, et que l'alumine supplée la silice : la formule commune pour tous les deux est donc :

$$CS^3 + 3 \left\{ \begin{matrix} M \\ f \end{matrix} \right\} \begin{matrix} S^2 \\ A^x. \end{matrix}$$

Les analyses que je viens de décrire, et les analogies qu'elles présentent, paraissent démontrer que l'amphibole, la grammatite, l'actinote et l'asbeste sont formés d'une particule de tri-silicate de chaux et de trois particules de bi-silicate de magnésie, et que certaines autres bases qui contiennent même deux atomes d'oxigène peuvent se substituer à la chaux et à la magnésie, et les suppléer dans la cristallisation. J'ai cherché à prouver que bien que l'alumine ne soit pas nécessaire à la formation de la grammatite ou de l'amphibole, elle peut toutefois en faire partie essentielle, et qu'alors elle joue un rôle électro-négatif. Dans l'analyse théorique des minéraux, nous avons admis l'existence d'une combinaison entre l'acide fluorique et la chaux, et nous avons trouvé que au moins, dans toutes les espèces dont la composition n'est pas très-complexe, cette hypothèse est confirmée par le fait, qui consiste en ce que le

résidu calcaire y formait un tiers du résidu magnésien (y compris les petites portions d'oxidule de fer et de manganèse), et un neuvième de la puissance électro-négative. Cependant on ne peut pas se dissimuler que la co-cristallisation du fluate de chaux avec tous les autres élémens ne soit enveloppée d'obscurité dans le point de vue où nous sommes. Cette substance ne saurait former une partie constituante aussi essentielle que le tri-silicate et les bi-silicates de $\ddot{R}$, c'est-à-dire, qu'elle ne détermine pas la forme des cristaux d'amphibole concurremment avec ces derniers ; car, s'il en était ainsi, elle devrait toujours s'y rencontrer dans le même rapport : d'un autre côté, nous ne savons pas si le fluate de chaux peut se prêter au mode de cristallisation que présente l'amphibole par lui-même. On pourrait croire qu'il suffit, pour lever toute difficulté, de prononcer que le fluate de chaux est à l'état de mélange mécanique dans les cristaux d'amphibole ; mais comment se fait-il que ce fluate se soit toujours rencontré dans ces minéraux, quoique ceux-ci se trouvent dans des roches de nature différente, et dans lesquelles on n'aperçoit le plus souvent aucune trace de fluate de chaux ? D'ailleurs, comment pourrait-on étendre cette hypothèse du mélange mécanique aux cristaux capillaires de l'asbeste ? Les morceaux de cristaux qui ont perdu leur acide fluorique par l'effet d'une vive ignition sont tout-à-fait semblables, par leur aspect, à ceux d'un cristal effleuri, et il faut concevoir que l'acide fluorique s'est dégagé de leurs moindres parties de la même manière que l'eau se dégage d'un sel efflorescent, avec lequel elle est chimiquement combinée par opposition avec celle qui se dégage d'un sel décrépitant. Nous

sommes donc obligés de convenir que la question relative au mode de combinaison du fluate de chaux est encore à résoudre.

De la Composition *des Sulfures alcalins.*

Par Mr J. Berzélius.

La nature des sulfures alcalins fut expliquée, dès l'année 1798, par M. Berthollet, qui prouva que lorsque ces composés sont dissous dans l'eau, il se produit de l'hydrogène sulfuré, et que le soufre ne peut pas se combiner avec une base salifiable sans l'intermède de l'hydrogène. En outre, ce savant démontra que l'hydrogène sulfuré est un acide, et que la combinaison de consistance huileuse du soufre avec l'hydrogène, découverte par Schéele, se trouve dans l'hépar. Il appela ce dernier *hydro-sulfure sulfuré*, pour le distinguer de l'hydro-sulfure, qui est la combinaison de l'hydrogène sulfuré avec une base salifiable. Il fit voir qu'en s'oxidant à l'air, un hydro-sulfure passe à l'état d'hydro-sulfure sulfuré, et que celui-ci se convertit en un sulfite, laissant précipiter le soufre en excès. Tous ces résultats composent les principales notions que nous avons possédées jusqu'à présent sur les sulfures alcalins. M. Vauquelin détermina ensuite la nature d'un sel qu'on obtient lorsqu'on prépare le carbonate de soude, en décomposant du sel de Glauber par la chaux et le charbon en poudre; sel qui avait été observé par M. Chaussier. M. Vauquelin le

trouva composé de soude, combinée à la fois avec de l'acide sulfureux et du soufre, et le nomma en conséquence *sulfite de soude sulfuré* (1). La connaissance de ce composé est indispensable pour l'explication des phénomènes qui accompagnent la dissolution du soufre dans l'hydrate de potasse, par la voie humide.

Plus tard, M. Gay-Lussac examina les changemens que subissent les sulfures alcalins traités par les oxides métalliques (2), et montra que ceux de ces oxides qui sont réduits à l'état de sulfure par l'hydrogène sulfuré s'emparent du soufre et de l'hydrogène sulfuré; mais qu'alors une certaine portion de la base est saturée d'acide sulfureux ou à l'état de sulfite sulfuré. Il fit observer que lorsque le soufre se combine avec un hydrate alcalin ou terreux, il n'en résulte point un sulfate; mais qu'il se forme un sulfite ou un sulfite sulfuré.

M. Vauquelin entreprit ensuite un examen approfondi (3) de la combinaison du soufre avec les alcalis, principalement pour savoir si le soufre s'unit avec l'alcali à l'état d'oxide, ou avec son radical métallique, réduit en grande partie par le soufre qui, converti en acide sulfurique, en sature l'autre partie; d'où il résulterait que l'hépar fondu serait un mélange de sulfate de potasse et de sulfure de potassium. Ces recherches n'eurent cependant aucun résultat décisif, et M. Vauquelin en conclut qu'il était, à la vérité, probable, mais non encore

---

(1) *Annales de Chimie*. T. XXXII, p. 304.

(2) *Ibid*. T. LXXVIII, p. 86.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, par MM. Gay-Lussac et Arago. Vol. VI, p. 5.

démontré que l'hépar fût un pareil mélange. Au nombre des expériences faites par ce célèbre chimiste, était une comparaison entre l'hépar et le sulfure de potassium (préparé avec du potassium et du soufre). Il observe que plus le potassium était bien purifié par la séparation de la potasse adhérente, et plus le sulfure de potassium prenait une couleur foncée, et que ce sulfure, dissous dans l'eau et mêlé avec un acide, ne rendait qu'une petite portion de soufre, quoiqu'il en entrât un excès dans la préparation du composé; fait qui semble indiquer que la potasse se combine, dans l'hépar fondu, avec une bien plus grande quantité de soufre que le potassium. Cette différence entre leur capacité pour le soufre, qui vient, comme je l'ai ensuite reconnu, de ce que, à la température produite par la fusion du potassium avec le soufre, il ne peut exister que le degré de sulfuration le plus inférieur ($K S^2$), me détermina à entreprendre, pour résoudre cette question, la série d'expériences dont je vais rendre compte.

M. Gay-Lussac chercha à démontrer, dans un Mémoire postérieur (1), la justesse de l'opinion de M. Vauquelin, touchant la composition de l'hépar, qu'il regardait comme un mélange de sulfure de potassium et de sulfate de soude, et il allégua en preuve que lorsqu'on mêle de la potasse à l'alcool solide avec un poids à-peu-près égal de soufre, et qu'on les chauffe dans un matras jusqu'à ce qu'ils se soient combinés, en ayant soin toutefois que la température n'atteigne pas la chaleur rouge, on obtient un hépar d'un rouge brun, qui, dissous dans l'eau, ne pré-

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. T. VI, p. 321.

cipite pas le muriate de baryte, ou du moins, s'il y forme un précipité, celui-ci peut être dissous par l'acide muriatique. Mais si, dans cette opération, il ne se forme point d'acide sulfurique lors de la dissolution de l'hépar dans l'eau, il ne doit pas s'en former non plus lorsque l'hépar fondu se dissout : cet acide est donc produit pendant la fusion. M. Gay-Lussac compare, sous ce rapport, la combinaison du soufre avec celles du chlore et de l'iode, et il trouva, dans ce rapprochement, la confirmation de ce qu'il a avancé. « A une température peu » élevée, dit-il (1), le soufre se combine avec les alcalis » sans les décomposer, et forme des sulfures d'oxide. » Quand on dissout ces derniers dans l'eau, il peut ar- » river qu'ils ne se décomposent point, ou qu'ils se » changent en hypo-sulfites d'oxide et en sulfures métal- » liques, ou bien en hypo-sulfites et en hypo-sulfates » d'oxide. A une température élevée, les hypo-sulfites » ne pourraient se former; car ces sels se décomposent » aisément par la chaleur, et on obtiendrait des sulfates » et des sulfures. »

Tous ces faits ne forment pas proprement une preuve décisive; car les quantités relatives d'oxigène dans l'acide nouvellement formé, et d'hydrogène dans la combinaison du soufre, étant toujours les mêmes que dans l'eau, et leur quantité étant déterminée par celle de la base qui doit être saturée, le résultat quantitatif est toujours identique, soit que l'acide sulfurique se forme aux dépens de l'eau ou de l'alcali. Lorsque le mélange est traité à une température qui ne s'élève pas jusqu'à la chaleur

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, par MM. Gay-Lussac et Arago. Vol. VI, p. 325.

rouge, l'alcali se combine avec une plus grande quantité de soufre, laquelle est chassée par une forte chaleur. Si, dans ce dernier cas, la portion de soufre restante est justement celle qu'il faut pour former, dans la dissolution aqueuse de l'hépar, de l'acide sulfurique qui sature une partie de la potasse, et de l'hydrogène sulfuré au *maximum*, qui en sature l'autre partie, nous pouvons nous représenter que, dans la combinaison qui a lieu à une température moins élevée, l'alcali prend, par exemple, deux atomes de soufre de plus. Il faut donc, lorsque la matière est dissoute dans l'eau, et que le liquide est décomposé par le soufre, que l'oxigène et l'hydrogène prennent la plus grande quantité de soufre avec laquelle ils peuvent se combiner; ce qui doit produire de l'acide hypo-sulfureux. La différence observée par M. Gay-Lussac entre l'action du soufre sur l'hydrate de potasse, à une haute et à une basse température, pourrait donc provenir de ce que l'alcali, à une basse température, retient une plus grande quantité de soufre qu'à une forte chaleur, et par conséquent cette différence ne peut pas être considérée comme une preuve pour ou contre l'une des deux opinions, attendu qu'elle doit naître dans les deux cas. Quiconque aura suivi ces recherches avec attention, sans être prévenu d'avance en faveur de l'une de ces opinions, ne pourra embrasser ni l'une ni l'autre avec une conviction fondée, et trouvera tout aussi probable que, dans l'hépar préparé à une chaleur rouge, l'acide sulfurique se forme, lors de la dissolution, aux dépens de l'eau ou de l'alcool; qu'il peut l'être quand l'acide sulfureux de l'hépar formé de l'hydrate par l'ébullition provient de la décomposition de l'eau.

Parmi les travaux relatifs à ces recherches, je dois citer aussi l'excellent *Traité* de M. Herschel *sur les Hypo-sulfites et leurs combinaisons* (1), lequel ajoute beaucoup aux notions que nous avaient données, à cet égard, les travaux de MM. Vauquelin et Gay-Lussac, ainsi que quelques observations (2) de M. Gay-Lussac sur ledit Traité, dans lesquelles ce célèbre chimiste rapporte qu'il regarde le soufre hydrogéné de M. Berthollet comme un acide particulier analogue à l'acide hypo-sulfureux, et dont il appelle les combinaisons avec les bases salifiables *hypo-hydro-sulfates*, au lieu de *hydro-sulfures sulfurés*. J'ai aussi partagé ce sentiment, sur lequel j'ai fondé l'explication de la nature de l'hépar, d'après l'opinion de M. Berthollet (3). M. Gay-Lussac ajoute que les hydro-sulfates ont deux degrés de saturation.

Tel était l'état des notions acquises sur la nature des alcalis sulfurés, de celles du moins qui étaient parvenues à ma connaissance, lorsque j'entrepris les recherches dont je vais communiquer les résultats. La première question à résoudre est, si le soufre peut se combiner immédiatement avec un corps oxidé, ou s'il se forme alors un sulfate et un sulfure métallique, comme M. Vauquelin l'a présumé ?

---

(1) *The Edinburgh Philosophical Journal*. N° 1, p. 8.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*. T. XIV, p. 362.

(3) *Lehrbuch der Chimie, übersezt von Blöde*. I. 238.

I. *Expériences pour déterminer si l'hépar formé par la voie sèche est un sulfure d'oxide ou de métal.*

1. Il est clair que s'il peut exister du sulfure de potasse, il doit se former, par exemple, lorsqu'on réduit du sulfate de potasse, et qu'après la dissolution dans l'eau du composé réduit, le résultat doit être tout-à-fait différent si c'est du sulfure de potasse ou de potassium. Pour vérifier ce fait, je me suis servi d'un petit appareil soufflé à la lampe d'émailleur, et construit de façon qu'on pouvait y faire passer un courant de gaz hydrogène, tandis qu'une partie de l'appareil était chauffée au rouge par une lampe d'Argand à esprit-de-vin. Dans cette partie fut introduit 1 gr. de sulfate neutre de potasse. Ce sel n'éprouva pendant quelque temps aucune altération; mais lorsque la chaleur eut été plus élevée, on y aperçut çà et là des points rouges qui s'étendirent promptement, et il se forma de l'eau. Bientôt la matière devint noire et entra en fusion. L'opération fut continuée aussi long-temps que le gaz introduit semblait produire de l'eau, qui était recueillie dans du muriate de chaux. Le sel, refroidi, présentait une masse d'un fort beau rouge de cinabre; le verre en avait été visiblement attaqué. Ce composé avait perdu 0,315 gr., et l'eau qui s'était formée pesait 0,335 gr. La masse rouge fut aisément dissoute dans l'eau, qui prit une teinte tant soit peu jaunâtre. Il s'y déposa de la silice provenant du verre, et l'acide muriatique en dégagea de l'hydrogène sulfuré avec effervescence; en même temps la liqueur parut légèrement troublée par un peu de soufre. Décomposée par l'acide muriatique, elle donna avec le muriate de baryte 0,157 gr.

de baryte, correspondant à une portion de 0,108 gr. de sulfate de potasse. Les 0,335 gr. d'eau produite contiennent 0,298 (1) d'oxigène; mais, dans 1 gramme de sulfate de potasse, l'acide sulfurique ne contient que 0,275, et la potasse que 0,092 gr. d'oxigène. Or, si l'on fait attention qu'il restait, à la fin de l'expérience, $\frac{1}{10}$ du sel qui paraissait n'avoir pas été décomposé, on trouvera que les $\frac{2}{3}$ environ de la potasse ont été réduits en potassium, et que le $\frac{1}{3}$ restant s'est combiné avec le verre, en perdant son soufre, dont une portion s'est unie au potassium, et l'autre a accompagné l'hydrogène sous la forme d'une vapeur blanche; ce qui a causé l'excédent de la perte du sel, qui n'a pas été retrouvé dans l'oxigène de l'eau.

2. Cette expérience prouverait déjà que l'hépar contient du sulfure de potassium, attendu que si la combinaison du soufre avec la potasse était possible, le gaz hydrogène ne pourrait certainement pas réduire cet alcali à une chaleur si peu élevée; mais la perte qu'avait éprouvée le verre jetant de l'incertitude sur le résultat de cette expérience, je choisis un autre moyen. Je réduisis, dans un appareil tout-à-fait semblable, du sulfate de potasse par de l'hydrogène sulfuré, et je continuai l'opération tant qu'il s'échappa de l'eau avec le gaz, ce qui dura trois heures; en même temps il se déposait du soufre; mais dès qu'il ne se forma plus d'eau, le soufre ne

---

(1) J'ai préféré de calculer la quantité d'oxigène d'après l'eau, plutôt que de prendre toute la perte pour de l'oxigène.

se sépara plus du gaz. Je laissai aller l'opération encore un quart d'heure après le dernier période.

1 gr. de sulfate de potasse fut converti de cette manière en 1,11 gr. d'hépar. Très-liquide et noir tant qu'il était chaud, il devint, en refroidissant, tout-à-fait transparent et d'un rouge vineux. Il fut aisément dissous dans l'eau; la liqueur était claire et jaune.

Cette solution fut décomposée, dans un appareil convenable, par l'acide muriatique, qui en précipita une poudre blanche sans produire aucun dégagement de gaz. La liqueur fut chauffée jusqu'à l'ébullition, et il se développa alors du gaz qui fut recueilli dans une dissolution d'acétate de plomb. Après un moment d'ébullition, on fit passer à travers le liquide un courant d'air atmosphérique pour en chasser les dernières portions d'hydrogène sulfuré. Par ce moyen, on obtint, dans la dissolution de plomb, du sulfure de ce métal, qui, après avoir été lavé, séché et chauffé dans le vide, pour en séparer toute l'humidité, pesait 1,407 gr., recélant 0,189 gr. de soufre; mais la quantité d'hydrogène sulfuré qui se dégagerait si, dans 1 gr. de sulfate de potasse, tout l'alcali était réduit en potassium, doit contenir 0,184 gr. de soufre. Cette différence ne peut provenir que de quelque erreur d'observation. Le soufre précipité par l'acide muriatique, ayant été lavé et séché, pesait 0,488 gr., et, fondu, il ne perdit rien de son poids. Après cette précipitation, le liquide, mêlé de muriate de baryte, ne fournit point de sulfate de baryte. 1 gr. de sulfate de potasse contient 0,449 gr. de potassium. Or, en supposant qu'il se soit formé du sulfure de potassium, le résultat de cette expérience est:

Potassium..........................	44,9;
Soufre (précipité)..............	48,8;
Soufre (dans l'hydrogène sulfuré).	18,4;
	112,1;

c'est-à-dire, 0,011 gr. de plus que ne pesait l'hépar dissous, ce qui ne dérive sans doute que de quelque erreur dans l'analyse. L'hépar obtenu était donc du sulfure de potassium; mais il est difficile de déterminer quel était son degré de sulfuration. L'hydrogène sulfuré ayant abandonné du soufre pendant la formation de l'hépar, cette circonstance semblerait indiquer une combinaison faite dans des proportions déterminées qui ne lui permettaient point de retenir la totalité du soufre. Dans ce cas, elle serait KS^7, et 1 gr. de sulfate de potasse aurait dû peser 1,093 après sa décomposition par l'hydrogène sulfuré. Si le gaz eût déposé tout son soufre, la combinaison aurait été KS^{10}. Il paraît donc que, dans cette opération, il s'échappe 3 atomes de soufre avec les corps gazeux; mais je reviendrai, plus bas, sur les différens degrés de sulfuration du potassium.

3. La même expérience fut répétée, avec cette différence que l'on fit passer des vapeurs de sulfure de carbone sur le sulfate de potasse. 1 gr. de ce sel fournit 1,22 gr. de sulfure de potassium, qui, décomposé de la manière susdite, produisit :

Potassium..........................	44,9;
Soufre (précipité)..............	58,1;
Soufre (de l'hydrogène sulfuré).	18,4.
	121,4.

La liqueur, précipitée par l'acide muriatique, ne contenait ici non plus aucune trace d'acide sulfurique. Le sulfure de potassium obtenu appproche de KS^8 (quoique la combinaison résultant de la décomposition totale du sulfate de potasse par le sulfure de carbone devrait être, comme dans l'expérience précédente, KS^{10}). Il aurait alors dû peser 119, au lieu de 122. Ainsi le résultat actuel excède les 8 atomes de la même quantité que le résultat précédent excédait 7 atomes. Ces expériences prouvent donc, d'une manière péremptoire, *que l'hépar obtenu était du sulfure de potassium à divers degrés de sulfuration, et que, moyennant la présence du soufre, il ne faut qu'une très-faible chaleur pour réduire, par l'hydrogène ou le carbone, la potasse en potassium.* Le verre n'avait été attaqué dans aucune de ces expériences.

4. 5 gr. de chaux pure (privée d'eau et d'acide carbonique) furent introduits dans un tube de porcelaine pesé, et exposés à un courant de gaz hydrogène sulfuré. Dès que tout l'air atmosphérique en eut été chassé, le tube fut chauffé jusqu'à l'incandescence, à l'endroit où se trouvait la chaux. Il apparut des vapeurs aqueuses qui furent recueillies dans du muriate de chaux. L'opération fut continuée tant qu'on put apercevoir qu'il s'échappait de l'eau avec le gaz; ensuite on laissa refroidir le tube en y faisant toujours passer de l'hydrogène sulfuré. J'obtins 1,57 gr. d'eau, et il restait dans le tube 6,41 gr. Ce sont, à très-peu de chose près, les poids qui doivent résulter de la transformation de la chaux en sulfure de calcium, et de la combinaison de l'oxigène de la chaux avec l'hydrogène du gaz. Le composé fut dissous dans l'acide muriatique, avec dégagement de gaz hydro-

gène sulfuré; et le muriate de baryte versé dans la dissolution n'y produisit aucun précipité. Ces expériences, faites avec une terre alcaline et avec un alcali, prouvent donc d'une manière décisive *que les composés regardés jusqu'à présent comme des sulfures alcalins ou terreux sont des combinaisons du soufre avec le radical métallique de l'alcali ou de la terre.*

Puisque l'hydrogène réduit le sulfate de potasse en produisant de l'eau qui se vaporise, il est clair qu'à une température élevée, le soufre peut aussi réduire la potasse en sulfure de potassium, et qu'il doit se former en même temps du sulfate de potasse; ce qui confirme pleinement l'opinion de M. Vauquelin, à l'égard de ce qui se passe lorsque le sous-carbonate de potasse est fondu avec le soufre.

Ce célèbre chimiste rapporte, dans ses expériences sur les combinaisons du soufre avec les alcalis, que lorsque la potasse s'unit avec le soufre par la fusion, il se forme une quantité d'acide sulfurique dont l'oxigène est égal à celui de la potasse (1), bien entendu qu'il faut retrancher du calcul la quantité d'oxigène qui se trouve dans la potasse combinée avec l'acide sulfurique; mais cette dernière portion forme $\frac{1}{4}$ de toute la quantité de potasse; en sorte que l'oxigène de l'acide sulfurique ne peut composer que les $\frac{3}{4}$ de celui qui se trouve dans la totalité de la potasse. Pour vérifier ce fait, je préparai de l'hépar avec 1 gr. de carbonate de potasse, qui fut fondu dans une petite cornue avec $1\frac{1}{2}$ de son poids de soufre (2).

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* T. VI, p. 11.

(2) Je dois faire observer quelques précautions qui furent prises à cet égard. Le carbonate de potasse, lors même qu'il

Le mélange fut dissous dans l'eau bouillante et précipité par le muriate de baryte, d'où il résulta, dans deux expériences, 0,421 gr. de sulfate de baryte. D'après le calcul, 100 p. de sous-carbonate de potasse, transformées de cette manière en hépar, doivent donner 42,15 p. de sulfate de baryte. Ces expériences prouvent donc que *lorsque le sous-carbonate de potasse est fondu avec le soufre, $\frac{1}{4}$ de la potasse sert à former du sulfate de potasse, et les autres $\frac{3}{4}$ sont convertis en sulfure de potassium;* théorême que nous devrons employer dorénavant dans plusieurs calculs, et dont il fallait prouver la justesse par l'expérience, quoiqu'il fût aisé de la reconnaître *à priori.*

---

vient d'être calciné et qu'il est encore chaud, ne peut pas être pesé dans une cornue sans attirer de l'eau atmosphérique, dont tout l'oxigène se combine avec le soufre et forme de l'acide sulfurique. J'ai toujours mis dans la cornue du bi-carbonate de potasse cristallisé, réduit en poudre; j'en chassai ensuite l'acide carbonique et l'eau, et je pesai de nouveau, pour plus de sûreté. La même méthode fut employée dans toutes les expériences qui vont être décrites, pour former de l'hépar avec le carbonate de potasse; après cela, j'y ajoutai le soufre, et avant de chauffer, je fis passer à travers l'appareil un courant de gaz acide carbonique qui servit d'abord à chasser l'air atmosphérique, et ensuite à entraîner pendant l'opération les vapeurs du soufre excédant.

II. *Expériences sur les différentes proportions dans lesquelles le potassium peut se combiner avec le soufre et avec l'hydrogène sulfuré.*

Avant de passer à l'examen de la formation de l'hépar par la voie humide ou par l'intermède de l'eau, nous rechercherons quels sont les rapports dans lesquels le potassium peut se combiner avec le soufre et avec l'hydrogène sulfuré, attendu que, pour ledit examen, il est très-important de les connaître.

1. Lorsque le sulfate de potasse est réduit par l'hydrogène ou le carbone, il se forme le premier degré de sulfuration du potassium, c'est-à-dire, KS^2, qui est proportionnel au sulfate. Il est difficile de l'obtenir pur. Si l'opération se fait dans du verre, il en est attaqué; si elle a lieu dans le platine, il se forme un sulfure plus élevé, lequel est mêlé de platinure de potassium. Préparé dans le verre, le sulfure a une belle couleur de cinabre pâle et une cassure cristalline. Il devient foncé lorsqu'on le chauffe; il se fond avant le degré de chaleur rouge, et alors il est noir et opaque. Chauffé à l'air libre, il ne s'allume pas : il est difficile à griller; mais il devient incandescent à l'endroit où on a pu l'allumer. Il s'éteint aussitôt qu'il s'est recouvert de sulfate de potasse. Toutes les propriétés du sulfure de potassium démontrent suffisamment qu'on s'est trompé en attribuant l'ignition du pyrophore à la présence du sulfure de potassium, qui n'a certainement pas cette vertu s'il n'est uni à un corps plus combustible. Il attire l'humidité de l'air, et se résout en un liquide jaune qui, étendu d'eau, devient incolore. Il se dissout complètement dans l'alcool. Mis en contact

avec l'eau ou l'alcool, il ne s'échauffe point; ce qui prouve que les affinités qui agissent dans la dissolution ne sont pas très-fortes.

Pour trouver quel est le *maximum* de soufre qui peut se combiner avec le potassium, je fis fondre, dans une petite cornue, 0,782 gr. de carbonate de potasse avec 1,5 gr. de soufre, et le mélange resta exposé à une chaleur modérée jusqu'à ce que l'excès de soufre eût été chassé. Il pesait alors 1,267 gr. A la partie supérieure de la cornue s'était fixée une petite portion d'hépar d'un rouge plus clair, qui, dissoute dans l'eau, y déposa du soufre. Il était cependant en si petite quantité que son poids ne fut pas déterminé. Le sel employé contenait 0,5326 gr. de potasse, dont $\frac{1}{4}$, égal à 0,13315, avait formé du sulfate de potasse avec 0,0458 gr. de soufre et avec l'oxigène des autres $\frac{3}{4}$. Pour trouver la quantité de soufre qui s'est combinée avec le potassium réduit, il faut retrancher de 1,267 le poids de la potasse et celui du soufre dans l'acide sulfurique, ensemble 0,5784. Cette quantité est 0,6886, qui était unie à 0,3315 gr. de potassium, c'est-à-dire que 100 parties de potassium avaient pris 207,7 p. de soufre; mais ce nombre compose, à très-peu de chose près, 10 atomes; car le poids du

$$K : 10\,S :: 100 : 205,2.$$

Donc, 100 p. de sous-carbonate de potasse absorbent au *maximum* 93,9 p. de soufre. La couleur plus claire de l'hépar qui s'était déposé sur la partie supérieure de la cornue, et qui, étant dissous, abandonna du soufre, me fit présumer qu'il existait un sulfure d'un degré encore plus élevé, qui ne pouvait pas se maintenir à la chaleur

rouge, et que l'eau décomposait aussi en en séparant une portion de soufre.

Je mêlai donc du sous-carbonate de potasse avec du soufre en grand excès, et chauffai le mélange jusqu'à la fusion du soufre; alors la combinaison commença à s'opérer; le composé noircit, se fondit et se boursouffla. Il fut maintenu à cette température jusqu'à ce que la fusion eût été complète; à cette époque, la lampe fut retirée. Après le refroidissement, le mélange se trouva divisé en deux couches distinctes : la supérieure était jaune et composée de soufre; l'inférieure était de l'hépar, mais qui n'avait pas la couleur rouge clair dont il a été parlé. Une portion de cet hépar fut dissoute dans de l'eau bouillante, précipitée par l'acide muriatique, bouillie pour en chasser le gaz hydrogène sulfuré, passée au filtre et évaporée à siccité. Il resta sur le filtre 0,734 gr. de soufre, et le sel pesait 1,1 gr. Comme j'avais observé que lorsqu'on prépare de l'hépar en quantité considérable, le sulfate de potasse ne s'y trouve pas également réparti, je fis redissoudre dans l'eau le sel obtenu, et je le précipitai par le muriate de baryte : il en résulta 0,321 gr. de sulfate de baryte, qui correspondent à 0,2415 gr. de sulfate de potasse. Il reste donc, pour le muriate de potasse, 0,8585, contenant 0,45 de potassium, qui étaient combinés avec 0,734 gr. de soufre : or,

$$45 : 73,4 :: 100 : 163,11.$$

Mais 164,24 composent 8 atomes, et en y ajoutant les 2 atomes qui s'échappèrent à l'état de gaz hydrogène sulfuré, nous retrouverons 10 atomes de soufre pour 1 de potassium. J'observai, dans la suite, que le composé de

couleur plus claire ne paraît que lorsque le soufre se condense, pendant le refroidissement, sur l'hépar qui ne s'est pas encore figé. Comme il ne se forme pas, lorsque l'hépar est fondu sous ou avec le soufre, et comme l'eau ne s'empare pas de son excès de soufre, il paraît être un mélange d'hépar et de soufre, dont la couleur plus claire est due à la quantité de cette dernière substance, mais qui ne forme pas une combinaison réelle et déterminée.

3. J'ai déjà observé que lorsque le sulfate de potasse est décomposé, à une température élevée, par le gaz hydrogène sulfuré, il en résulte un hépar clair, tout-à-fait transparent et rouge orange, qui paraît être du $K S^7$; et que lorsque le même sel est décomposé par le sulfure de carbone, il se forme du $K S^8$. Celui-ci n'est pas transparent, et sa couleur est moins belle que celle du précédent. On trouve presque toujours, dans ces opérations, la même proportion de soufre en excès.

4. 0,7815 gr. de carbonate de potasse furent fondus avec 1,5 gr. de soufre dans du gaz hydrogène sulfuré. L'excès de soufre fut chassé, et l'on continua à faire passer le gaz sur le mélange fondu, tant qu'il se forma de l'eau. Ce liquide était toujours accompagné de soufre, qui ne cessa de se déposer que lorsqu'il ne se forma plus d'eau. L'opération étant finie, le mélange pesait 1,18 gr. Il contenait 0,442 gr. de potassium, qui y étaient par conséquent unis à 0,738 gr. de soufre; mais

$$44{,}2 : 73{,}8 :: 100 : 166{,}9,$$

et 164,24 composent 8 atomes. Comme il se forme d'abord, dans cette opération, $\ddot{K} \dot{\ddot{S}}^2 + 3 K S^{10}$, et que l'atome du sulfate de potasse est ensuite réduit à $K S^2$, la totalité doit

faire KS^8 ; mais ce qui montre que c'est une combinaison positive, et non un simple mélange, c'est que tout le soufre de l'hydrogène sulfuré s'est échappé avec l'eau ; et par conséquent il ne s'est pas formé du KS^7, comme il arrive lorsque le sulfate de potasse seul se décompose. La combinaison devint opaque après le refroidissement.

5. On ajouta encore $\frac{1}{2}$ de soufre à l'hépar obtenu dans l'expérience précédente, et on le distilla jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus de soufre, en faisant passer par l'appareil un courant de gaz hydrogène sulfuré. L'hépar pesait alors 1,259 gr., c'est-à-dire, que 100 parties de potassium étaient combinées avec 184,57 p. de soufre ; ce qui fait juste 9 atomes.

2 gr. de bi-carbonate de potasse, décomposés par l'hydrogène sulfuré dans un semblable appareil, donnèrent 1,49 gr. d'un sel cristallin jaune pâle, dans lequel 100 p. de potassium étaient unies à 91 p. de soufre et d'hydrogène, comme nous le verrons plus bas. J'y ajoutai 1 gr. de soufre, et la masse fut refondue dans un courant de gaz hydrogène sulfuré, jusqu'à ce que la distillation du soufre eût cessé. La matière pesait alors 2,243 gr. ; ainsi 100 p. de potassium y étaient combinées avec 186 p. de soufre ; ce qui fait encore 9 atomes.

6. 1,079 gr. de carbonate de potasse furent fondus dans une cornue pesée avec 0,302 gr. de soufre. La combinaison se fit d'abord à une température qui n'excédait guère celle qu'il faut pour la fusion du soufre, et elle resta exposée pendant une heure entière à ce même degré de chaleur ; car, lorsqu'elle est plus forte, le gaz acide carbonique, se dégageant avec vivacité, entraîne

beaucoup de soufre sous la forme d'une fumée blanche. Ensuite la température fut élevée jusqu'à la fusion de la masse : lorsqu'elle eut été bien liquéfiée, et qu'il n'y parut plus de bulles, l'opération fut arrêtée. L'appareil avait perdu 0,165 gr. en acide carbonique échappé. Ce nombre correspond à 0,3535 gr. de potasse, dont $\frac{1}{4}$, égal à 0,08838 uni à l'oxigène du reste, et à 0,02933 gr. de soufre, avait formé du sulfate de potasse. Il reste donc 0,302 — 0,0293 = 0,2727 gr. de soufre, qui étaient combinés avec 0,22 gr. de potassium : or,

$$22 : 27{,}27 :: 100 : 123{,}99,$$

et 123,18 indiquent 6 atomes de soufre.

La même expérience fut répétée encore une fois, et donna le même résultat. J'y avais employé plus de potasse que le soufre n'en pouvait décomposer; ainsi, l'affinité de l'acide carbonique pour la potasse arrêta la combinaison du soufre avec la potasse et son radical. Donc, lorsque le soufre est fondu à un feu rouge-brun, avec plus de carbonate de potasse qu'il n'en peut décomposer, il se forme du KS^6. Il résulte encore de cette expérience, que 100 p. de sous-carbonate de potasse sont décomposées à un feu rouge naissant, par 58,22 p. de soufre, et qu'il se forme alors du $\ddot{K}\dddot{S}^2 + 3\,KS^6$.

Lorsque cette combinaison, mêlée avec un excès de carbonate de potasse, est chauffée au rouge, elle recommence à bouillir lentement, et il se dégage du gaz acide carbonique; mais comme, à cette température, le verre est attaqué, il est difficile de décider si le dégagement d'acide carbonique provient de cette cause, ou de la formation d'un sulfure inférieur de potassium.

7. Ainsi, l'expérience fut répétée dans un petit creuset de platine, où 3,7 gr. de carbonate de potasse furent mêlés avec 0,5 gr. de soufre. Le creuset fut placé dans un second creuset et entouré de charbon en poudre; celui-ci fut introduit dans un troisième; ils étaient tous exactement fermés avec leurs couvercles. Cette disposition avait pour objet d'empêcher toute introduction d'air atmosphérique pendant le refroidissement. Le mélange fut long-temps chauffé à une température très-basse, pour éviter la perte de soufre qui aurait pu avoir lieu pendant le dégagement du gaz acide carbonique; ensuite la chaleur fut graduellement augmentée jusqu'à l'incandescence, et entretenue à ce degré pendant une demi-heure. Le poids du creuset refroidi avait éprouvé une perte de 0,364 gr. causée par le dégagement de l'acide carbonique, et correspondante à 0,78 gr. de carbonate de potasse. $\frac{1}{4}$ de cette quantité ou 0,195 gr. s'étaient emparés de 0,066 gr. de soufre pour former du sulfate de potasse, en sorte que 0,434 de soufre avaient été combinés avec 0,485 gr. de potassium; mais

$$48,5 : 43,4 :: 100 : 80,95.$$

Or, 82 indiqueraient 4 atomes, et la différence peut bien provenir d'un dégagement de soufre qui aurait accompagné le gaz acide carbonique au commencement de l'opération, où l'on ne pouvait pas voir sa marche ni modérer la chaleur.

Le résultat de cette expérience est donc que, lorsque KS^6, mêlé avec du carbonate de potasse, est exposé à une chaleur rouge, il se décompose une nouvelle portion du carbonate, et il se forme du KS^4, degré de

combinaison où les affinités du soufre et de l'acide carbonique se contre-balancent. 100 p. de carbonate de potasse forment donc avec 43,78 p. de soufre,

$$\dot{\ddot{K}}\ddot{S}^2 + 3\,K\,S^4.$$

L'hépar obtenu dans cette opération était vert, couleur qui évidemment n'appartenait pas au sulfure de potassium. Lorsqu'il eut été dissous dans l'eau, il se déposa une substance boursoufflée, d'un rouge brun, qui était du sulfure de platine. Le creuset avait perdu en poids 0,3 gr. Il s'était donc formé un double sulfure de potassium et de platine, $K\,S^2 + Pt\,S^2$; mais ce qui prouve clairement que cette combinaison ne s'était formée qu'après celle de $K\,S^4$, c'est que, dans le cas contraire, les deux atomes excédans de $K\,S^6$ n'auraient pas pu chasser l'acide carbonique de la potasse; ils n'auraient eu aucune action sur elle, de même que s'il ne se fût formé que $K\,S^6$, et qu'en outre $\frac{1}{3}$ de $K\,S^4$ n'aurait pas pu se combiner avec le platine, à la fin de l'opération, sans qu'il en fût résulté quelque changement dans le poids. On voit par là combien il est difficile d'obtenir, du moins par cette voie, du $K\,S^4$, attendu que, dans les vases de verre, la silice de cette substance s'oppose à sa formation, et que, dans ceux de métal, le soufre se partage entre ce métal et le potassium, formant un double sulfure.

Ces expériences montrent aussi l'action qu'exercent sur les métaux les sulfures alcalins en fusion : le métal, s'il est en quantité suffisante, partage le soufre avec le potassium jusqu'à ce qu'il se soit formé $K\,S^2$. Dans ces doubles sulfures, le nombre des atomes du sulfure métal-

lique qui se produit est déterminé par le nombre des atomes de soufre dans le sulfure de potassium. L'expérience a démontré que plusieurs de ces doubles sulfures sont décomposés par l'eau, qui en sépare quelques sulfures tels que ceux de plomb, d'argent, de cuivre; tandis que d'autres y sont dissous, comme les sulfures d'arsenic, de tungstène, d'étain, d'or. Nous reviendrons, plus bas, sur ces combinaisons très-intéressantes.

Nous avons donc acquis la connaissance de plusieurs sulfures de potassium, qui contiennent 2, 4, 6, 7, 8, 9 et 10 atomes de soufre.

1°. KS^2 s'obtient en réduisant le sulfate de potasse par l'hydrogène;

2°. KS^4, en fondant le carbonate de potasse à la chaleur incandescente, avec une quantité de soufre moindre qu'il ne faut pour le décomposer;

3°. KS^6, en chauffant lentement ledit mélange, jusqu'à ce qu'il se fonde sans ébullition ni dégagement de gaz quelconque;

4°. KS^7, en réduisant le sulfate de potasse par le gaz hydrogène sulfuré;

5°. KS^8, en tenant en fusion l'hépar au *maximum* ($\dot{\dot{K}}\dot{\dot{S}}^2 + 3\,\dot{K}\dot{\dot{S}}^{10}$) dans le gaz hydrogène sulfuré, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus ni eau ni soufre, ou bien en réduisant le sulfate de potasse par le sulfure de carbone;

6°. KS^9, par la fusion du précédent avec du soufre, dont on chasse l'excès par une chaleur modérée, tandis qu'on fait passer sur la masse liquéfiée un courant de gaz hydrogène sulfuré, ou tout autre gaz qui n'est pas oxidant;

7°. KS^{10}, par la fusion du carbonate de potasse avec un excès de soufre, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide carbonique. Il n'est pas nécessaire d'élever la température jusqu'au feu rouge pour que le sel soit complètement décomposé. Il se forme alors $\ddot{K}\dddot{S}^{2} + 3\,KS^{10}$.

Les combinaisons où la somme des atomes du soufre est exprimée par des nombres pairs répondent à 1, 2, 3, 4 et 5 atomes de soufre, par atome de potassium, la potasse étant regardée comme composée d'un atome de radical et d'un atome d'oxigène. Ces combinaisons s'accordent avec les deux manières de compter les atomes, et les méthodes pour les obtenir sont telles qu'elles doivent produire des combinaisons en proportions déterminées.

Quant à celles où 1 atome de potassium est uni à 7 ou à 9 atomes de soufre, elles prouveraient incontestablement la justesse de l'opinion que la potasse contient, non pas 1, mais 2 atomes d'oxigène, attendu que, dans le premier cas, ces combinaisons contiendraient $3\frac{1}{2}$ et $4\frac{1}{2}$ atomes de soufre, et que nous ne pouvons pas admettre des demi-atomes. Je suis cependant éloigné de regarder la chose comme prouvée par ces composés, surtout depuis que nous savons que, par exemple, le sulfure de fer, soit artificiel, soit naturel, est une combinaison de deux degrés de sulfuration, de même que le fer magnétique est composé de deux différens oxides de fer, et il serait par conséquent possible que lesdites combinaisons continssent deux degrés de sulfuration qui fussent ou tout-à-fait semblables pour la composition aux simples KS^{7} et KS^{9}, ou du moins qui s'en approchassent beaucoup.

Je ne dois cependant pas omettre d'observer, à cette occasion, que, dans toutes les expériences, à un très-petit nombre d'exceptions près, la quantité de soufre a tant soit peu excédé celle qui était indiquée par le calcul. Cela vient, ou de ce que l'atome de soufre est effectivement plus pesant qu'on ne l'a évalué, ou, ce qui paraît plus probable, de ce que la dernière portion de soufre ne peut être que difficilement chassée.

III. *Combinaisons de l'hydrogène sulfuré avec la potasse.*

J'ai déjà exposé que le sous-carbonate de potasse décomposé par le gaz hydrogène sulfuré donne un hépar d'un jaune très-clair, qui cristallise en se refroidissant, et qui a une cassure cristalline comme les sels. 20,87 gr. de sous-carbonate, chauffés au rouge brun, furent exposés à un courant de gaz hydrogène sulfuré, aussi long-temps qu'il se forma de l'eau : elle n'était pas accompagnée de soufre. L'excédant du gaz hydrogène sulfuré s'échappa sans avoir subi d'altération, et mêlé seulement de gaz acide carbonique. L'opération ne fut achevée qu'au bout de six heures. La masse, fondue, fut dans une ébullition continuelle qui était causée sans doute par le dégagement du gaz acide carbonique et des vapeurs aqueuses ; car, lorsqu'enfin il cessa, il n'y eut plus de dégagement de vapeur d'eau. On continua à faire passer du gaz à travers l'appareil jusqu'à ce qu'il se fût refroidi. Le composé était de couleur jaune citron pâle et cristallin, présentant de larges feuilles brillantes. Il pesait 22,28 gr. Il était très-déliquescent, et il se dissolvait dans l'eau, qu'il colora en jaune pâle.

20,87 gr. de carbonate de potasse contiennent 11,816 gr. de potassium, quantité qui se trouvait par conséquent dans les 22,28 gr. de sulfure de potassium obtenu. Elle s'y était donc unie à 10,464 gr. de soufre; mais

$$11,816 : 10,464 :: 100 : 88,55.$$

Quatre atomes de soufre feraient 82,12. Il y a ici la différence notable de 6,43. Je pris d'abord cette combinaison pour celle de KS^4; mais ayant mêlé une partie de la solution avec du nitrate de cuivre, il se forma, à ma grande surprise, un précipité de sulfure de cuivre, et il se dégagea du gaz hydrogène sulfuré. D'autres sels métalliques produisirent le même effet; par conséquent, la solution contenait plus d'hydrogène sulfuré qu'il n'en avait été formé par l'oxidation du potassium. Mêlée avec un acide, elle se troubla, à la vérité, et prit un aspect laiteux; mais le soufre s'étant précipité, l'on put voir qu'il ne formait qu'un très-léger dépôt; et le reste de cette substance s'échappa sous forme de gaz hydrogène sulfuré. Il était donc clair que la combinaison opérée par la voie sèche était composée de sulfure de potassium et d'hydrogène sulfuré : or, si nous supposons qu'elle est un double sulfure $KS^2 + 2K^2S$, c'est-à-dire que la potasse et l'hydrogène s'unissent à une égale quantité de soufre, il faut que 100 parties de potassium se combinent avec 82,12 p. de soufre et avec 2,60 p. d'hydrogène, ensemble 84,72 parties. L'excédant trouvé est dû sans doute au contact de l'air, qui, en oxidant l'hydrogène à ses dépens, a formé un plus haut degré de sulfuration d'où est provenu le précipité produit par les acides.

Il était alors intéressant de savoir si l'hydro-sulfure de

potasse neutre est composé de même. A cet effet, je saturai une portion de potasse pure avec du gaz hydrogène sulfuré, et je portai le mélange à l'ébullition, en faisant passer par l'appareil un courant d'hydrogène, jusqu'à ce que tout l'excédant de gaz hydrogène sulfuré en eût été chassé. Une partie de cette solution fut précipitée par le muriate de cuivre, versé goutte à goutte. Le précipité recueilli sur un filtre, bien lavé, séché et chauffé dans une cornue jusqu'à ce qu'il ne restât plus que du sulfure de cuivre au *minimum*, pesait 1,82 gr. La solution, après que le reste du cuivre en eut été séparé par l'hydrogène sulfuré, fut évaporée à siccité, et donna 1,71 gr. de muriate de potasse : il y avait donc 2 atomes de cuivre pour 1 de potasse. On voit par là que, pour former un hydro-sulfure neutre, la potasse prend une quantité d'hydrogène sulfuré, dont l'hydrogène est le double de la quantité qui est nécessaire pour former de l'eau avec l'oxigène de la potasse, et que cet hydro-sulfure, à l'état sec, peut être représenté, comme la combinaison précédente, par $KS^2 + 2H^2S$.

Nous savons que la composition du sulfure de potassium au *minimum* est telle que lorsqu'elle est détruite par l'eau, il se forme un hydro-sulfure dans lequel la potasse est saturée par la moitié, de la quantité d'hydrogène sulfuré qui se trouve dans le précédent. Nous trouvons donc ici les deux degrés de saturation que M. Gay-Lussac a annoncés, mais dont il n'a pas fait connaître la composition. Nous examinerons bientôt s'ils sont en effet ce qu'ils paraissent être, c'est-à-dire, des hydro-sulfures.

(*La suite au Cahier prochain*).

Expériences *relatives à de nouveaux phénomènes électro-dynamiques* (1).

Par M. Ampère.

Pour produire un mouvement continu de révolution dans un conducteur voltaïque par l'action d'un autre conducteur, de la terre ou d'un aimant, je me sers à présent d'un appareil qui diffère surtout de celui que j'ai décrit dans les *Annales*, tom. XVIII, pag. 33 et suivantes, en ce qu'il est mis en action par une pile de Volta, dont on peut augmenter l'énergie à volonté en augmentant le nombre et l'étendue des plaques. Cet appareil consiste en un vase métallique formé par deux parois circulaires concentriques *ABC*, *abc* (fig. 1): à la partie évidée *abc*, s'adapte un bouchon de liège dans lequel glisse à frottement une tige de cuivre *TT'*,

---

(1) Le nom d'*électro-magnétique*, donné aux phénomènes produits par les fils conducteurs de la pile de Volta, ne pouvait les désigner convenablement qu'à l'époque où l'on ne connaissait que ceux de ces phénomènes qu'a découverts M. OErsted entre un courant électrique et un aimant. J'ai cru devoir employer la dénomination d'*électro-dynamique*, pour réunir sous un nom commun tous ces phénomènes, et spécialement pour désigner ceux que j'ai observés entre deux conducteurs voltaïques. Elle exprime leur caractère propre, celui d'être produits par l'électricité en mouvement; tandis que les attractions et les répulsions électriques anciennement connues sont des phénomènes *électro-statiques* produits par l'inégale distribution de l'électricité en repos dans les corps où on les observe.

portant, à ses deux extrémités, de petites coupes S et S'. Dans la coupe supérieure S' repose sur une pointe fine la partie mobile du conducteur : elle est composée d'un fil de cuivre plié en fer à cheval $DEFG$, qui supporte un cercle DHG de même matière. A l'un des côtés du vase est soudée une coupe S'', et dans le prolongement du même diamètre on place une autre coupe S''' sur le plateau en bois RV. Le vase ABC est soutenu au-dessus de ce plateau, dont le diamètre est à-peu-près double de celui du vase, à la distance d'un ou deux centimètres ; les trois vis K, K', K'' servent à mettre le vase de niveau. Au centre du plateau est un trou circulaire de même grandeur que l'ouverture abc pratiquée au centre du vase métallique. Pour observer l'action qu'exerce sur lui un autre conducteur, je forme ce dernier avec une lame de cuivre $LL'L''$ (fig. 2) revêtue d'un ruban de soie, courbée en spirale de dix ou douze tours, et portant aux deux bouts deux appendices LM, $L'''M'''$, dont les extrémités nues plongent dans les coupes S'' et S'''. Dans la figure 1, le cercle extérieur $LL''L'''L'$ indique la spirale dont tous les contours sont renfermés séparément dans l'enveloppe de soie qui les empêche de communiquer entre eux.

Les choses étant ainsi disposées, on verse de l'eau acidulée dans le vase ABC, et du mercure dans toutes les coupes ; on plonge l'appendice intérieur LM de la spirale dans une des coupes, S'', par exemple, l'extrémité M''' de l'appendice extérieur $L'''M'''$ dans l'autre coupe S''', où vient se rendre le fil qui part de l'extrémité négative de la pile, et on ferme le circuit voltaïque en plongeant dans la coupe S le fil qui part de l'extré-

mité positive. Le courant monte alors par la tige TT', descend, de part et d'autre du conducteur mobile, dans le cercle DHG; traverse, en rayonnant, l'eau acidulée pour atteindre la coupe S''; parcourt la spirale du dedans au dehors; arrive à la coupe S''', et de là à l'extrémité négative de la pile.

Soit D et G (fig. 3) les projections horizontales des fils DE et FG (fig. 1), LKl et $L'K'l'$ (fig. 3) deux portions d'une même spire, voisines de ces projections. Si l'on se rappelle qu'il y a attraction entre deux conducteurs voltaïques, dont les directions forment un angle droit quand le courant électrique qui les parcourt va dans tous les deux en s'éloignant ou en s'approchant de la perpendiculaire commune qui en mesure la plus courte distance, et qu'il y a répulsion quand l'un des courans va en s'éloignant de cette perpendiculaire, et l'autre en s'en approchant, on verra que le courant descendant en G est attiré par lK, et repoussé par KL. Il en résulte une force unique qui tend à faire tourner le fil en sens contraire de la direction du courant de la spirale. D'une autre part, l'action que $K'l'$ exerce sur le courant descendant en D est attractive, et celle de $K'L'$ sur le même courant est répulsive. Ces deux forces se combinent encore en une seule qui tend aussi à faire tourner le fil en sens inverse du courant de la spirale. Cette nouvelle force s'ajoute donc à la précédente, et des actions semblables se renouvelant dans chaque position des fils, tout le système du conducteur mobile tourne d'une manière continue, en sens inverse du courant de la spirale, aussi long-temps que la communication reste établie.

Sans rien changer au reste de l'appareil, on fait faire un demi-tour à la spirale de manière à plonger l'appendice $L'''M'''$ (fig. 2) dans la coupe S'', et LM dans la coupe S'''; alors la direction du courant reste la même dans le conducteur mobile; mais, dans la spirale, le courant s'établit du dehors au dedans, et l'appareil se meut dans un sens contraire à celui de sa rotation dans l'expérience précédente, parce qu'il y a alors répulsion entre les branches des conducteurs qui s'attiraient, et attraction entre celles qui se repoussaient, comme il est aisé de le voir en faisant attention au sens dans lequel le courant électrique parcourt alors ces branches (1).

On n'obtiendrait pas cet effet en changeant seulement l'ordre de communication avec les extrémités de la pile; car alors le courant, entrant par la coupe S''', circulerait dans la spirale du dehors au dedans, ce qui tendrait à changer le sens du mouvement comme dans l'expérience précédente; mais, d'une autre part, le courant qui descendait dans le conducteur mobile deviendrait ascendant, ce qui tendrait à renverser une seconde fois le sens du mou-

---

(1) On voit en effet, d'après les lois de l'action électro-dynamique, que quand une portion mobile de conducteur voltaïque forme un angle droit avec la direction d'un conducteur fixe, et se trouve tout d'un même côté de ce conducteur, elle tend, en général, à se mouvoir parallèlement au conducteur fixe : 1° en sens contraire du courant de ce dernier quand celui de la portion mobile tend vers le conducteur fixe; 2° dans le même sens que ce courant quand celui de la portion mobile va en s'en éloignant.

vement, et le rétablirait par conséquent dans sa direction primitive.

Si maintenant on enlève la spirale, et si on plonge les deux fils de la pile dans les coupes S et S'', le fil mobile sera soumis à la seule influence de la terre. Or, dans cette expérience comme dans tous les phénomènes qui dépendent de l'action électro-dynamique du globe, la terre agit comme le feraient des courans voltaïques situés dans des plans perpendiculaires à la direction de l'aiguille d'inclinaison, et tournant de l'est à l'ouest en passant par le sud, elle doit donc produire un mouvement semblable à celui que détermine la spirale; mais ce mouvement est plus lent (1), à moins que l'action de la spirale ne fût très-faible. Ce qui distingue cette expérience des précédentes, c'est que le sens des courans terrestres étant invariable, le sens du mouvement du conducteur change quand on renverse l'ordre de communication avec les poles de la pile. Le mouvement de révolution est dans le sens des courans terrestres, c'est-à-dire qu'il a lieu de l'est à l'ouest en passant par le sud, lorsque le courant voltaïque monte dans les deux branches DE et FG, parce qu'alors il va en s'éloignant de ces cou-

(1) Dans des expériences faites avec MM. Fourier, Thillaye, Pouillet et plusieurs autres physiciens, nous avons obtenu ce mouvement assez rapide pour être très-facile à observer, en nous servant d'une pile de 10 paires seulement, dont les plaques de zinc n'avaient que 4 pouces de largeur sur 6 de hauteur, et étaient enveloppées de cuivre, suivant le procédé de M. Wollaston.

rans ; il a lieu en sens contraire quand le courant est descendant dans les mêmes branches.

On peut substituer à la spirale un aimant ou un faisceau d'aimans dans une direction à-peu-près verticale, en plaçant dans l'ouverture *abc* l'extrémité supérieure des aimans et faisant reposer l'inférieure dans la coupe *S*; pour prévoir ce qui doit alors arriver, il faut se rappeler ce que j'ai établi dans mes précédens Mémoires, savoir : que l'action d'un aimant est toujours identique à celle qu'exerceraient des courans tournant autour de ses particules dans des plans à-peu-près perpendiculaires à son axe, et dont la direction serait la même que celle des courans terrestres, lorsque les poles de l'aimant sont situés, l'un par rapport à l'autre, comme ceux du globe, et que cet aimant est par conséquent placé dans la position contraire à celle que l'action terrestre tend à lui donner. Dans la figure 4, les flèches *F* indiquent la direction des courans dans la partie supérieure de chaque particule, et les flèches *F'* la direction de ces mêmes courans au-dessous de chaque particule, la lettre *N* indiquant le pole austral qui se dirige au nord, et la lettre *S* le pole boréal.

Cela posé, en appliquant aux courans des aimans ce qui a été dit du courant en spirale, on reconnaîtra facilement que le pole austral présenté en dessous du cercle *DHG* (fig. 1) le fera tourner dans le sens *DHG* quand le courant sera descendant dans les deux branches, et dans le sens *DGH* quand le courant y sera ascendant. Le pole boréal produira des effets opposés.

Le même effet peut s'obtenir en remplaçant un aimant vertical par plusieurs aimans horizontaux, dont les poles

homologues sont dirigés vers le centre de la tige TT', comme le représente la figure 5. Les courans parallèles qui ont lieu à la face supérieure de chaque particule de ces aimans agissent comme remplaçant des portions discontinues de la spirale employée dans la première expérience. Cette action est, à la vérité, contrariée par les courans opposés de la face inférieure des mêmes particules; mais elle produit cependant son effet, parce qu'elle s'exerce à une moindre distance du conducteur mobile. Ces aimans horizontaux se placent dans l'intervalle qui se trouve entre le vase métallique et le plateau, sur lequel on peut les placer à différentes distances de son centre, pour comparer les effets qu'ils produisent suivant qu'ils sont plus ou moins éloignés de ce centre.

Si l'on remplace le conducteur mobile $DEFGH$ par une spirale en fil de cuivre $MM'M''$ (fig. 6), terminée par une crosse $M''M'''$ perpendiculaire au plan de la courbe, et qui appuie, par son extrémité garnie d'une pointe d'acier K, sur le fond de la coupe S' (fig. 1), on peut avec le même appareil répéter une expérience de M. Savary, de laquelle il résulte que les courans voltaïques qui ont lieu dans l'eau acidulée exercent les mêmes actions que les courans établis dans des conducteurs métalliques. Pour faire cette expérience avec succès, il faut rendre la spirale bien horizontale, et en maintenir les spires dans un même plan à l'aide de trois petites règles EE', $E'E''$, $E''E'''$ (fig. 6), attachées à tous les contours de la spirale, et formant un triangle équilatéral. En établissant alors la communication de la coupe S (fig. 1), par exemple, à l'extrémité positive de la pile, et de la coupe S'' à l'extrémité négative, le courant monte par la

tige TT'', descend par la crosse KLM' (fig. 6) dans la spirale, où elle tourne du dedans au dehors, s'échappe en rayonnant à travers l'eau de la dernière spire à la paroi du vase ABC, et atteint la coupe S'', qui ferme le circuit. Soit $M'C$ (fig. 6) un des courans établis dans l'eau acidulée, il repousse la partie $M'N$ de la spirale, et attire la partie $M'N'$ où il reste une portion du courant électrique qui ne traverse que plus tard l'eau acidulée. Il en résulte une force unique qui tend à faire marcher la spirale dans le sens $M'N$; des forces semblables agissent sur tous les points de la dernière spire, et il en résulte la rotation dans le sens indiqué. Si la spirale est assez près du fond du vase, outre les courans horizontaux dont je viens de parler, il s'en établit dans l'eau de verticaux qui se rendent au fond de ce vase; mais ces derniers allant, comme les courans horizontaux, en s'éloignant des courans de chaque spire, ils tendent à faire tourner l'ensemble de ces spires dans le même sens, et à en accélérer le mouvement. Ce mouvement n'est pas dû à l'action de la terre; car si cela était, il changerait lorsqu'on renverse l'ordre de communication avec les extrémités de la pile; ce qui n'arrive pas et ne doit pas arriver s'il est l'effet des courans de l'eau acidulée; car alors le courant, partant de la coupe S'', se rendra à travers l'eau à la spirale, la parcourra du dehors au dedans pour atteindre la coupe S', et l'extrémité négative de la pile; la direction des courans se trouvera ainsi renversée à la fois dans l'eau et dans le conducteur spiral, et le mouvement devra conserver la même direction.

Il est cependant à remarquer que la terre exerce une

action sur la partie verticale $M'M'''$ du conducteur ; et selon que cette action, dont l'effet a été déterminé dans une des expériences précédentes, favorise ou contrarie le mouvement que l'on veut produire, celui-ci est plus ou moins rapide.

Pour observer le mouvement d'un aimant soumis à l'action des conducteurs voltaïques, je me sers d'un aimant cylindrique *NS* (fig. 8) terminé par deux vis creuses c, c', à chacune desquelles peut s'adapter alternativement un contre-poids en platine *P* assez lourd pour maintenir l'aimant vertical quand on le plonge dans le mercure. Celui-ci est contenu dans une éprouvette à pied *MXY* (fig. 7), dans laquelle plonge un anneau en cuivre *HI* soudé à l'extrémité d'une tige de cuivre recourbée *GFE* qui porte une coupe métallique *O* pleine de mercure : une seconde tige métallique *ABDZ* glissant à frottement dans un bouchon de liége *U*, et portant à son extrémité inférieure une coupe O', se termine, à son autre extrémité, par une pointe *Z* située dans le prolongement de l'axe du vase. En faisant glisser la tige métallique dans le bouchon *U*, on peut à volonté élever ou abaisser la pointe *Z*. Un tasseau de bois *R* sert à soulever l'éprouvette pour faire plonger l'anneau *HI* dans le mercure. Cet appareil peut servir pour répéter l'expérience de M. Faraday. Pour cela, je plonge le fil conducteur qui part du pole positif de la pile dans la coupe O', et la pointe *Z* dans le mercure de l'éprouvette; il s'établit, à la surface du mercure, un grand nombre de courans qui partent du centre pour aller à la circonférence. On peut les diviser en trois espèces relativement à l'aimant sur lequel ils agissent. Les uns sont

tangens à sa circonférence, d'autres le traversent, les troisièmes ne le rencontrent pas. Examinons maintenant l'action de chaque espèce de courans dans un plan de niveau : soit efe' (fig. 10) la section de l'anneau, Z le point d'où partent tous les courans, et $Z\,T$, $Z\,T'$ les deux courans tangens à l'aimant dont la section est représentée par $tmm'\,t'\,n'\,n$; le courant $Z\,T'$ attire toute la moitié de circonférence convexe vers sa direction, car, des deux côtés du point de contact t', les courans dans l'aimant et dans la tangente ont des directions semblables, convergentes avant ce point, et divergentes après le contact. Le même courant $Z\,T'$ repousse l'autre moitié de l'aimant, mais avec une intensité moindre à cause de la plus grande distance. Au contraire, le courant $Z\,T$ repousse toute la moitié la plus voisine de l'aimant, et attire la plus éloignée. Il résulte donc de ces diverses actions deux forces égales, l'une attractive, dirigée suivant Nt', l'autre répulsive dans le sens tN, et ces deux forces se combinent en une seule perpendiculaire à ZN, dans le sens $N\nu$. Les mêmes raisonnemens sont exactement applicables aux courans extérieurs Ze, Ze'. Ces courans, pris deux à deux symétriquement, donnent naissance à une force résultante dirigée suivant $N\nu$. Quant aux courans qui traversent l'aimant, on peut les partager chacun en trois portions : l'une du point Z à l'aimant; la seconde dans l'intérieur de l'aimant; la troisième depuis l'aimant jusqu'à l'anneau efe'. La seconde portion sera sans effet parce qu'elle ne produira que des attractions ou des répulsions réciproques entre les particules de l'aimant, et que de pareilles forces ne peuvent lui imprimer aucun mouvement. La première portion Zn atti-

rera tn, et repoussera $t'n$; la troisième mM attirera tm, et repoussera $t'm$; il résultera donc de ces quatre forces une force unique perpendiculaire à ZM; un courant ZM' placé symétriquement de l'autre côté de ZN produira une force égale qui sera de même perpendiculaire à sa direction, et ces deux forces se combineront en une seule dirigée suivant $N\nu$; l'ensemble de tous les courans horizontaux fera donc mouvoir l'aimant suivant $N\nu$. Des effets semblables se reproduisant dans chaque position de l'aimant, celui-ci tournera autour du point Z, la force acquise étant à chaque instant détruite par la résistance du mercure.

Le courant vertical descendant exerce un autre genre d'action beaucoup plus faible à la vérité, et le plus souvent détruit par le frottement du mercure, mais dont on obtient parfois quelques indices dans les expériences. Ce courant attire la moitié de l'aimant dont les courans dans la direction tn convergent avec le courant descendant, et repousse l'autre moitié; il en résulte dans l'aimant une tendance à tourner dans le sens $tn\,n't'$, et une nouvelle force qui s'ajoute à celle des aimans horizontaux.

D'après ce qui précède, le mouvement de translation de l'aimant aura toujours lieu tant qu'il ne sera traversé que par des courans qui entrent, d'un côté, dans l'aimant, et sortent de l'autre; mais si on les rendait tous affluens dans l'aimant, ou qu'ils en sortissent tous, il n'en résulterait plus qu'un mouvement de rotation de l'aimant sur lui-même. Pour réaliser ce mouvement, que j'ai obtenu le premier, on met du mercure dans la cavité supérieure du barreau cylindrique cc' (fig. 8), et on y

fait plonger le fil Z ; alors tous les courans divergent de l'axe de l'aimant vers l'anneau de cuivre. Soit ZM (fig. 9) un de ces courans, la portion Zm est sans action, d'après ce qui a été dit précédemment, sur les courans électriques de l'aimant; la portion mM attire mn' et repousse mn; ces deux forces réunies tendent à faire tourner l'aimant sur lui-même dans le sens $n'mn$; des forces semblables s'exerçant simultanément sur tous les points de l'aimant, il tourne sur lui-même indéfiniment (1).

J'ai aussi obtenu le mouvement de rotation d'un conducteur voltaïque sur son axe. Pour faire cette expérience avec le même appareil, il faut que le pied EF (fig. 7) de la potence EFG se continue par une colonne en verre EL qui porte une tige horizontale de cuivre KL, à laquelle est attachée la boîte K, destinée à recevoir l'aimant cylindrique cc' de la figure 8, de manière que le centre de cette boîte se trouve dans la verticale passant par le point Z; on y fixe l'aimant cc' par la vis de pression V. Avant de placer l'aimant dans cette boîte, on remplace le contre-poids de platine P par un cône d'acier RT (fig. 8) qui porte en T une vis semblable à celle du contre-poids, et qui s'adapte à la même cavité c' de l'aimant : comme la vis du cône n'atteint pas le fond de cette cavité, il y reste la place de quelques gouttes de mercure qu'on a soin d'y introduire avant que d'y adapter le cône, pour que la communication soit plus complète entre ce cône et l'aimant que le cou-

---

(1) On peut, dans cette expérience, se passer du contre-poids P, en suspendant l'aimant cc' (fig. 8) à un fil très-fin pq (fig. 7) qui se tord quand l'aimant tourne.

rant électrique doit parcourir successivement. L'extrémité c' de l'aimant qui porte le cône étant ensuite tournée en bas, on met un peu de mercure dans la cavité c de l'autre extrémité, et on y fait plonger la pointe Z du conducteur $ABDZ$, comme on le voit dans la fig. 11. On place alors sous l'aimant un conducteur de cuivre NN' (fig. 12), dont l'extrémité inférieure porte un contre-poids de platine O, et la supérieure une petite coupe UV, dans laquelle on met un peu de mercure où vient plonger la pointe R du cône. Ce conducteur flotte sur le mercure de l'éprouvette XMY, comme l'aimant dans l'expérience précédente; et lorsqu'on met les coupes O et O' (fig. 7) en communication avec les deux extrémités d'une forte pile, on le voit tourner sur lui-même par l'action de l'aimant cc', surtout si l'on a soin de diminuer le frottement du mercure de l'éprouvette contre la surface extérieure du conducteur par de petites secousses données à l'appareil.

J'ai rendu ce mouvement de rotation plus rapide et plus aisé à obtenir sans employer une pile aussi forte, en remplaçant ce conducteur par un tube de cuivre; sa masse étant alors réduite à peu de chose, celle du contre-poids de platine doit être diminuée dans la même proportion. La cause de ce mouvement de rotation que j'ai obtenu le premier est évidente quand on fait attention que le conducteur NN' (fig. 12) ne doit pas être considéré comme conduisant seulement l'électricité suivant une droite sans épaisseur, mais comme un faisceau d'autant de courans électriques qu'il contient de séries de particules parallèles à son axe : on voit alors que cette expérience rentre dans celle où l'aimant imprime au conducteur le mouvement de révolution continu, tandis que, quand

c'est l'aimant qui est mobile, le mouvement de révolution et celui de rotation ne peuvent être assimilés, mais doivent être expliqués séparément, comme nous l'avons fait plus haut.

En ajoutant à cet appareil un bout de tuyau de cuivre *ABCD* (fig. 13), qui s'adapte à frottement dans le cercle de cuivre *HI* (fig. 7), et qui porte près de son ouverture supérieure un diaphragme en verre *EF* (fig. 13), on a une disposition très-commode pour répéter l'expérience de Sir H. Davy sur la rotation du mercure. On place d'abord ce tuyau dans l'anneau *HI* (fig. 7) de manière qu'ils communiquent entre eux, soit par simple contact, soit en plongeant tous deux dans le mercure de l'éprouvette *XMY*; on met ensuite, dans la partie du tuyau *ABCD* (fig. 13) qui est au-dessus du diaphragme *EF*, une couche de mercure de peu d'épaisseur; on y fait plonger la pointe du cône *TR* (fig. 11) qui a été adapté à l'extrémité inférieure de l'aimant cc', et les communications étant établies comme lorsqu'il s'agissait de faire tourner le conducteur NN' (fig. 12), on voit le mercure tourner de même autour de la pointe du cône par l'action de l'aimant.

On reconnaît sur-le champ la cause de ce mouvement, en faisant attention que le mercure doit alors être considéré comme un assemblage de courans électriques parcourant les rayons du tuyau *ABCD*, en allant, soit du centre à la circonférence, soit de la circonférence au centre de ce tuyau, suivant que le courant est descendant ou ascendant dans l'aimant cc'.

Dans toutes ces expériences, on change le sens des mouvemens en renversant les poles soit de l'aimant,

soit de la pile, et par conséquent le mouvement reprendrait sa direction primitive si l'on faisait à la fois ces deux changemens.

Remarques *concernant le Mémoire de M.* Savart *sur la Communication des mouvemens vibratoires entre les corps solides, imprimé dans les* Annales de Chimie et de Physique, *tome* IV. *Juin* 1820.

Par Mr E. F. F. Chladni.

J'ai avancé dans mon *Traité d'Acoustique*, § 79, et j'avance encore qu'une verge fixée par une de ses extrémités prend un mode de mouvement analogue à celui de l'air dans un tuyau d'orgue bouché par un bout, quand on la met en vibration dans le sens de sa longueur. Mais M. Savart dit, dans son Mémoire, Sect. 1, § 1, p. 116 : « J'ai toujours observé qu'il était impossible » d'en tirer aucun son quand l'obstacle auquel elles » étaient fixées était tout-à-fait immobile. » D'où il conclut, p. 119 : « Que les verges ne sont susceptibles de vibrer longitudinalement que quand elles » sont libres par leurs deux extrémités. » Il me fait donc le reproche, page 114 : « D'avoir déterminé les » lois des vibrations longitudinales des verges élastiques, » plutôt par l'analogie qu'on remarque entre ce mode » de mouvement et les ondes excitées dans l'air, que » par des observations directes et expérimentales. » (!)

Je ne conçois pas comment un expérimentateur habile

qui a bien réussi à faire beaucoup d'expériences très-difficiles n'a pas pu faire avec succès cette expérience, qui est pourtant une des plus faciles. Peut-être il aura *appuyé* les verges, au lieu de *serrer* assez fortement leur bout dans un étau immobile (1). Quand je répète ces expériences sur des verges dont l'une des extrémités est fixée et l'autre libre, soit pour moi seul, soit dans un cours d'acoustique, ou en présence de qui que ce soit, je ne manque jamais d'obtenir les résultats que j'ai exposés dans mon *Traité d'Acoustique*, § 79. J'ai déjà publié quelques remarques concernant la contradiction de M. Savart, dans les *Annales* de Gilbert, tome LXVIII (1821, Cah. 6), p. 160, où M. le professeur Gilbert atteste, dans une note, p. 162, que je l'ai convaincu de la vérité de mes assertions sans la moindre difficulté, par des expériences sur des verges de métal, de bois et de verre. Je n'ai donc pas mérité le reproche d'avoir donné comme résultat d'expériences quelque chose qui ne serait qu'un jeu de l'imagination ou une fausse conjecture tirée de l'analogie ; reproche qui, s'il était fondé, suffirait pour faire perdre à un physicien toute la confiance à laquelle il pourrait prétendre.

Pour faire ces expériences, je serre dans un étau immobile (fixé à une table) le bout inférieur de la verge,

---

(1) Ces deux manières de fixer une verge qu'Euler (dans les *Acta acad. Petrop.* 1779, p. 1) distingue par *infixus* et *simpliciter fixus*, diffèrent essentiellement, et donnent aussi des résultats très-différens pour les vibrations transversales, comme je l'ai montré dans mon *Traité d'Acoustique*, § 68-74.

à laquelle je donne une direction verticale pour plus de fermeté. Quand je me sers d'un tube de baromètre ou de thermomètre, ou d'une autre verge de verre, je colle l'extrémité inférieure dans un petit morceau de bois avec de la cire d'Espagne, pour que le verre ne soit pas cassé par la pression de l'étau. Une verge de $0^m,5$ ou $0^m,6$ de longueur, si elle n'est pas épaisse, suffit pour obtenir la manière la plus simple de vibrer, dans laquelle la verge entière s'allonge et se raccourcit alternativement, et le son est toujours plus grave d'une octave que le premier son de la même verge quand les deux extrémités sont libres. Mais pour produire le deuxième son, qui est au premier, comme 3 à 1, et le troisième, etc., il faut se servir de verges plus longues. Je frotte, dans le sens de la longueur, une partie vibrante de la verge, si elle est de bois ou de métal, avec un petit morceau de drap sur lequel je mets un peu de poudre de colophane; mais si la verge est de verre, je me sers d'un petit morceau de drap, mouillé d'eau, sur lequel je répands un peu de poudre de pierre-ponce ou du sable très-fin. Je ne connais pas d'autres précautions à prendre pour obtenir toujours les mêmes résultats.

L'idée de produire les vibrations transversales d'un corps sonore par le frottement longitudinal d'une verge de verre, jointe à ce corps sonore sous un angle droit, et d'appliquer cette manière de produire les sons à la construction d'un nouvel instrument de musique, idée dont M. Savart (Sect. 1, § 2) regarde M. Blanc comme le premier auteur, n'est pas nouvelle, parce que je l'ai déjà conçue et mise à exécution pour la construction de mon euphone au commencement de l'an 1790. Le mé-

canisme de cet instrument consiste en bandes droites de fer, placées verticalement l'une près de l'autre, au milieu desquelles j'ai fixé sous un angle droit des verges de verre placées horizontalement, dont le frottement longitudinal avec les doigts mouillés d'eau produit les vibrations transversales des bandes de fer. M. Biot, dans son rapport sur les découvertes de M. Savart, fait mention d'un euphone que j'ai fait à Paris en 1809 (1); mais cet instrument était beaucoup plus imparfait que celui que j'avais chez moi, et dont je me sers encore ordinairement, parce que je l'avais construit en grande hâte et avec très-peu d'outils et d'autres appareils nécessaires. Maintenant je tâche de construire un euphone beaucoup moins volumineux, en me servant d'un autre mécanisme où chaque verge de verre est serrée d'une manière convenable entre les deux bouts d'une bande de fer plus longue, dont le milieu reste droit et parallèle aux verges horizontales de verre, et les extrémités sont courbées en haut. Pour les sons graves, je me sers de la manière de vibration où il y a en bas trois nœuds, et pour les sons plus aigus de celle où il y en a cinq. Tout me fait espérer qu'il réussira bien.

Si j'ai été le premier qui ait conçu et exécuté l'idée de

---

(1) L'euphone avec lequel j'avais fait le voyage fut tout-à-fait détruit entre Bruxelles et Paris, par les secousses de la diligence, parce qu'on ne l'avait pas mis sur l'impériale comme mon clavicylindre, mais dans le panier. J'ai donc voulu en construire un autre, quoique très-imparfait, pour ne pas trop perdre l'habitude de le jouer, et pour en donner une idée à quelques personnes.

produire des vibrations transversales par le frottement longitudinal d'une verge de verre, M. Savart est le premier qui l'a bien appliquée à des recherches très-intéressantes sur la nature des vibrations communiquées. J'avais depuis long-temps l'intention de me servir de ce moyen pour examiner les vibrations des membranes tendues qui offrent aux recherches un champ non moins vaste que les vibrations des plaques; mais je l'ai toujours différé, ayant été occupé d'autres objets. Un seul physicien ne pouvant pas s'occuper avec succès de trop de choses à la fois, ou épuiser un objet, je verrai toujours avec plaisir que mes recherches donnent occasion à d'autres d'enrichir autant qu'il est possible cette partie intéressante de la physique par de nouvelles découvertes, soit par le calcul, soit par des expériences.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 22 *avril* 1822.

L'ACADÉMIE apprend avec douleur que la santé de M. Haüy s'est fort dérangée depuis quelques jours.

M. Savart dépose un *Mémoire sur les Vibrations des corps solides.* Ce Mémoire était trop long pour être lu : une Commission en rendra compte.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Des Organes de la génération considérés dans leurs rapports d'un sexe à l'autre, comparés dans les oiseaux*

et les mammifères, et ramenés ensemble ou partiellement à l'unité de composition.

M. Pouillet lit un Mémoire que nous espérons pouvoir publier dans le prochain Cahier, *sur de nouveaux phénomènes de production de chaleur.*

Séance du lundi 29 avril.

L'état de M. Haüy s'est amélioré ; mais on ne peut pas dire que le danger soit passé.

M. de Jussieu rend un compte verbal, très-avantageux, de la dernière livraison de l'ouvrage que publie M. Kunth sur les plantes recueillies par M. de Humboldt dans son mémorable voyage.

M. Thenard rend compte du Mémoire présenté par M. Laugier *sur l'Aérolithe de Juvénas.* (Nous avons déjà publié le Mémoire.)

M. Deyeux, au nom d'une Commission, fait un rapport sur une encre présentée à l'Académie comme indélébile, par M. Renaudière. La nouvelle encre, d'après l'opinion des commissaires, est supérieure à la plupart de celles qui sont en usage dans le commerce, et résiste à l'action des agens que les faussaires les plus habiles ont employés ; mais elle n'est pas cependant tout-à-fait exempte d'inconvéniens.

M. Gouvenain adresse à l'Académie les résultats de ses expériences sur la fermentation vineuse ; une Commission en rendra compte.

M. Gay-Lussac communique à l'Académie la *Note relative au froid produit par la dilatation de l'air,* qui a été insérée dans le Cahier d'avril.

M. Flourens ayant achevé aujourd'hui la lecture de son Mémoire, on nomme la Commission qui l'examinera et en rendra compte.

M. Ségalas communique les résultats des expériences qu'il a faites sur l'absorption.

La Section de Médecine présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante par la mort de M. Hallé :

MM. Chaussier et Desgenettes, *ex æquo*; MM. Bertin, Alibert, Double, Laennec, Bally, et MM. Edwards et Orfila, *ex æquo*.

Séance du lundi 6 *mai.*

M. Cittadini, chirugien d'Arezzo, adresse deux Mémoires : l'un *sur une Résection des fragmens d'une fracture non consolidée de l'avant-bras*; l'autre *sur l'Extraction d'un étui de la vessie urinaire d'une femme.*

M. Pictet présente à l'Académie un protée de Carniole, vivant, qu'il destine au Muséum d'Histoire naturelle.

On va au scrutin pour l'élection d'un membre : sur 54 votans, M. Chaussier réunit 31 voix; M. Desgenettes 12; M. Double 4; M. Laennec 3; MM. Bertin et Edwards chacun 2. L'élection de M. Chaussier sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Savart lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur les usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe.*

M. Percy fait un rapport sur le *Traité* manuscrit *des rétentions d'urine causées par le rétrécissement de l'urètre*, du Dr Ducamp.

Le rapport est très-avantageux : les commissaires regardent M. Ducamp comme le chirurgien, de nos jours, qui a fait faire le plus de progrès au traitement de ce genre d'infirmité. Ses moyens curatifs leur paraissent les plus courts et les plus simples qu'on puisse imaginer.

Séance du lundi 13 *mai.*

Le Ministre de l'Intérieur envoie à l'Académie les rapports de plusieurs préfets sur le tremblement de terre du 19 février.

M. Delaroque avait adressé un *Mémoire sur la cause de la pesanteur.* La Commission chargée de l'examiner a fait aujourd'hui son rapport par l'organe de M. Biot, et a déclaré que ce travail ne méritait pas l'attention de l'Académie. L'auteur du Mémoire avait gardé l'anonyme.

M. Prost commence la lecture d'un Mémoire, qu'il a a retiré depuis, *sur la vie.*

M. Moreau de Jonnès lit une *Dissertation sur le nombre de plantes de la flore Karaïbe.*

M. Latreille lit un *Mémoire sur les Habitudes de l'araignée aviculaire de Linnée.*

On lit un Mémoire de M. Benoiston de Châteauneuf *sur la Mortalité des femmes de trente à quarante ans.*

Séance du lundi 20 *mai.*

M. Arago annonce que M. Gambart, directeur-adjoint de l'Observatoire de Marseille, vient de découvrir une

nouvelle comète. (*Voyez* les élémens de cet astre dans le présent Cahier, page 84.)

On lit des Recherches anatomiques et physiologiques de M. Léon Dufour *sur les Carabiques et sur plusieurs autres insectes coléoptères.*

M. Girard fait un rapport verbal sur l'ouvrage intitulé : *Recherches et considérations sur la rivière de Bièvre, et sur les moyens d'améliorer son cours relativement à la salubrité publique et à l'industrie manufacturière de la ville de Paris.*

M. Magendie communique un nouveau fait anatomique concernant les lamproies.

Séance du lundi 27 mai.

M. Desfontaines annonce que l'état de M. Haüy est de nouveau très-inquiétant.

M. OErsted remercie l'Académie du prix qu'elle lui a décerné.

M. Lamare demande des commissaires pour un nouveau moyen de caléfaction.

Au nom d'une Commission, M. Labillardière fait un rapport sur la Notice de M. Leschenault *relative au cannellier de Ceylan.*

Le cannellier, dans un bon terrain, s'élève à la hauteur de 25 à 30 pieds; son tronc a alors 15 à 18 pouces de diamètre. Mais lorsque l'arbre est parvenu à cette dimension, l'écorce n'a point de valeur. Les pousses ne sont bonnes à être écorcées que lorsqu'elles ont de $\frac{1}{2}$ pouce à 2 pouces de diamètre. Il n'est point vrai, quoique ce préjugé soit encore répandu, que les cannelliers

écorcés se revêtissent d'une nouvelle écorce en peu d'années. Les racines du cannellier contiennent beaucoup de camphre qu'on pourrait exploiter avec avantage. Ce produit augmente avec l'âge, en se répandant dans le corps de l'arbre qui serait traité plus avantageusement pour l'extraction du camphre que pour avoir de la cannelle.

M. Leschenault profita de son séjour à Ceylan pour faire parvenir à l'île de Bourbon plusieurs plants de cannellier qu'il a trouvés depuis en fort bon état. M. Labillardière rapporte avoir appris, déjà très-anciennement, de M. de Cossigny, que la cannelle avait été cultivée avec avantage à l'Ile-de-France.

M. Bosc fait un rapport verbal sur un Mémoire imprimé de M. D'Hombres-Firmas, *concernant la mortalité des oliviers.*

M. Pinel fils lit un *Mémoire d'Anatomie pathologique sur l'endurcissement du système nerveux.*

M. Cuvier lit une *Note sur un Renne trouvé dans le Béarn.* On y prouve qu'il y a méprise, et que le renne dont on a entendu parler a été vu en Lithuanie. Les rennes ne se sont jamais approchés de nous plus près qu'aux bords de la forêt Kerzink.

D'après un article des *Annonces et Affiches* de Sens communiqué par M. Thenard, il paraîtrait qu'on a vu, dans cette ville et à quinze lieues, un globe de feu qui, en détonnant, a fait un bruit semblable à celui d'un violent coup de canon. On n'a trouvé jusqu'ici aucun aérolithe.

Note *sur la Comète de* 1822.

Par M. Nicollet.

La comète découverte à Marseille le 12 mai dernier, par M. Gambart fils, a été observée à Paris, pour la première fois, le 18 du même mois. Depuis ce jour, les astronomes de l'Observatoire royal n'ont cessé de suivre son cours. Le beau temps nous ayant permis de réunir un assez grand nombre d'observations, j'ai pu les calculer et en déduire l'orbite parabolique suivante :

Passage par le périhélie, le 6 mai 1822, à 3h. 5′ 11″ du matin.

Distance périhélie.... = 0,504220 ;
Inclinaison de l'orbite. = 53°. 34′. 3″ ;
Longitude du nœud ascendant..... = 177°. 30′. 50″ ;
Longitude du périhélie, sur l'orbite. = 192°. 48′. 45″ ;
Mouvement héliocentrique....... *rétrograde.*

Cette comète ne ressemble, dans ses élémens, ni à la comète de 1204 jours que l'on attend, ni à aucune de celles qui ont été observées jusqu'à présent. Elle est très-petite et n'a plus d'apparences de queue. Sa distance à la terre s'accroît de jour en jour : au 18 mai, cette distance était à-peu-près égale à celle du soleil, et au 31 du même mois, elle s'élevait déjà à près d'une fois et demie la même distance. La comète ne sera donc pas visible à l'œil nu ; mais les astronomes favorisés par le temps pourront l'observer encore pendant quelques jours, et fournir ainsi le moyen de perfectionner les élémens précédens.

Analyse *d'une espèce de mine de fer du Brésil.*

Par M. Vauquelin.

M. le baron d'Eschwege, directeur général des Mines du Brésil, a chargé M. de Humbolt de me remettre un échantillon de mine de fer qui se trouve en morceaux détachés avec du fer micacé et des topazes dans le schiste chloriteux décomposé, à Capao, près de Villa Rica, pour le soumettre à l'analyse chimique.

Ce minéral a une couleur noire, présente une cassure extrêmement vive et éclatante comme un miroir; quand on le brise, il se réduit en petites lames micacées; il est légèrement attirable à l'aimant : j'ai trouvé sa pesanteur spécifique de 5,260 : ce qui annonce un grand rapprochement entre ses parties. Il donne une poudre brune. Il se dissout entièrement dans l'acide hydro-chlorique, mais il ne se dissout pas dans l'acide nitrique : exposé pendant quelque temps à une chaleur rouge, il ne diminue pas de poids; il augmente, au contraire, d'une petite quantité.

La dissolution de ce minéral dans l'acide muriatique précipite l'or à l'état métallique de sa dissolution, mais il en faut beaucoup pour précipiter peu d'or; ce qui annonce qu'il ne contient qu'une petite quantité de protoxide de fer. Pour tâcher de déterminer la proportion de ce protoxide de fer, j'ai dissous 100 parties de ce minéral dans l'acide hydro-chlorique; j'ai ajouté à la dissolution une certaine quantité d'acide nitrique, et j'ai fait bouillir le mélange pendant long-temps; j'ai en-

suite précipité le fer par l'ammoniaque, je l'ai lavé et séché; il avait augmenté de 4 centièmes : cette augmentation de poids annonce, dans la mine, 36,57 de protoxide; mais des expériences que nous allons rapporter ne permettent pas d'admettre ce résultat, il faut qu'il soit resté quelques parties salines dans mon oxide.

J'ai dissous 200 parties de la même mine dans l'acide muriatique, et j'ai précipité peu à peu le fer par le sous-carbonate de potasse jusqu'à ce que la liqueur ne fût presque plus acide et qu'elle eût perdu sa couleur jaune: alors j'ai décanté la liqueur, j'ai lavé le précipité, et j'ai réuni les lavages à la liqueur décantée : en ajoutant une nouvelle quantité de sous-carbonate à cette liqueur, j'ai obtenu un précipité d'un vert foncé; ce précipité, lavé, séché et calciné, pesait 24 centigrammes et une petite fraction; il était passé à l'état de peroxide.

Cette quantité de peroxide représente environ 21,63 de protoxide, lesquels, divisés par deux, donneraient 10,82 pour cent.

L'on pourra reprocher à cette méthode d'avoir pu précipiter une portion de protoxide de fer, ou de laisser quelques parties de peroxide en dissolution, et c'est, je crois, le premier cas qui est arrivé ici : cependant je pense que quand on conserve une légère acidité à la liqueur, aucune molécule de protoxide n'est précipitée, et que lorsque la liqueur n'a plus de couleur, elle ne retient plus de peroxide.

200 parties de cette mine, en poudre impalpable, calcinées au rouge pendant une heure et demie dans un creuset de platine, ont augmenté de 3 pour cent, et ont pris une couleur rouge légèrement pourpre;

chauffées une seconde fois pendant une demi-heure, elles n'ont plus augmenté.

En supposant, comme tout porte à le croire, que ce résultat soit exact, la mine de fer dont il s'agit serait composée, sur 100 parties, de 27,43 de protoxide et de 72,57 de peroxide; et si ensuite l'on supposait que ces deux oxides fussent unis dans la mine, le protoxide faisant fonction de base et le peroxide d'acide, l'un serait à l'autre comme 3 à 8 à-peu-près, et leur oxigène comme 6 à 21. Mais il n'est pas bien certain que ce soit une combinaison à la manière des sels : il faudrait savoir si, dans les autres mines du même genre, les proportions de ces oxides seraient constantes entre elles.

L'on pourrait objecter à cette manière de voir, que s'il y avait combinaison entre ces deux oxides, ils se précipiteraient ensemble lorsqu'on verse du sous-carbonate de potasse dans leur dissolution muriatique; mais l'on peut répondre que l'acide muriatique peut exercer une action plus puissante que le peroxide de fer sur le protoxide.

En effet, l'expérience m'a fait voir que si sur la mine de fer réduite en poudre impalpable, l'on met de l'acide muriatique très-étendu d'eau, il ne dissout presque que du protoxide de fer, et que conséquemment il sépare les deux oxides en supposant qu'ils soient unis.

Dans une expérience où j'avais traité 100 parties de la mine de fer par la potasse à une chaleur rouge pour savoir si elle ne contenait pas quelque acide, je trouvai, après le lavage, qu'elle avait augmenté de 7 p. $\frac{0}{0}$. Ce résultat m'ayant étonné, j'examinai cet oxide, et je trouvai qu'il retenait une quantité notable d'alcali : je

saturai par l'acide nitrique l'alcali qui m'avait servi pour cette opération, et qui avait une couleur verte, ensuite j'y versai de l'eau de chaux qui y produisit un précipité blanc, floconneux et demi-transparent. Pour en connaître la nature, car il pouvait être du phosphate de chaux ou de l'alumine, je le fis dissoudre dans l'acide nitrique, ce qui eut lieu sans effervescence, et je précipitai ensuite par l'ammoniaque; enfin je dissolvis de nouveau le précipité dans l'acide nitrique, et je versai dedans une solution d'oxalate d'ammoniaque qui y détermina sur-le-champ un précipité dont tous les caractères appartenaient à l'oxalate de chaux : la liqueur surnageante ne précipitait nullement par l'ammoniaque; ce qui serait arrivé si le précipité dont il s'agit eût été une combinaison de chaux et d'alumine.

Ainsi, l'état gélatineux qu'avait le précipité lorsqu'il était humide, la demi-transparence qu'il a prise en séchant, et les phénomènes chimiques qu'il a présentés, ne laissent aucun doute qu'il ne soit un phosphate de chaux; ainsi il y aurait une petite quantité d'acide phosphorique dans la mine du Brésil.

Cette mine est donc composée de peroxide de fer qui en fait les 72 centièmes, de protoxide de fer, 28 centièmes, et d'une petite quantité d'acide phosphorique et de manganèse.

Il est probable que les mines de fer, légèrement attirables à l'aimant, sont composées de la même manière.

Sur *un Aérolithe qui est tombé à Angers, département de Maine-et-Loire, le 3 juin* 1822.

Extrait d'une lettre de M. Desvaux, conservateur du Muséum d'Histoire naturelle d'Angers, au Président de l'Institut.

Angers, 12 juin 1822.

« Une chaleur telle que l'on ne devait guère s'attendre à l'éprouver qu'en juillet et août a régné dans l'Anjou, comme dans la plus grande partie du royaume probablement, durant tout le mois de mai, sans que l'on ait eu aucune de ces pluies qui, dans l'ouest de la France, tombent assez régulièrement chaque année à cette époque : l'air a été presque toujours calme et l'atmosphère dégagée de tout nuage. Le 3 juin dernier, aucun nuage ne s'était encore offert. A huit heures un quart du soir de ce même jour, l'air étant calme, on vit de plusieurs points, tels que de Loudun (département de la Vienne), et Angers, villes à seize lieues de distance, une lumière vive, en masse, devenant ondoyante en se dispersant; visible pendant plusieurs secondes; paraissant au sud-est d'Angers. A cette lumière a succédé une détonnation très-forte, suivie d'une succession rapide d'éclats bruissans, d'une moins grande intensité, imitant le feu de file d'armes à feu, et de la durée de cinq à six secondes; ce qui a permis à un grand nombre de personnes qui n'avaient pas aperçu le premier moment de l'apparition lumineuse du météore, de remarquer le point où il s'était présenté. Ce bolide, beaucoup plus rapproché d'Angers

que de Saumur, paraît avoir eu son centre d'action au-dessus de Saint-Jean-des-Mauvrets, à une lieue et demie d'Angers, sur la rive gauche de la Loire.

» La suite de la détonnation ayant donné des traces lumineuses, il s'est opéré une chute de pierres dont un fragment pesant 30 onces est tombé à Angers, dans un jardin du faubourg Gauvin, à sept pieds de distance d'une femme qui travaillait à l'arrosement du jardin. Tout porte à croire qu'il est tombé en divers lieux, autour d'Angers, des pierres semblables, d'après ce que rapporte la voix publique, bien que nous n'ayons encore pu en acquérir la certitude.

» L'aérolithe que nous avons sous les yeux est un morceau irrégulier, anguleux; ce qui prouve que c'est un éclat d'un morceau plus volumineux. Il est enveloppé d'une croûte brun-noir, d'une épaisseur sensible et uniforme, que l'on doit attribuer à l'action du feu, puisqu'il existe à sa surface un point où se présente une bulle, indiquant un plus grand degré d'action du feu, et même un commencement de fusion. A l'intérieur, cet aérolithe offre le même aspect et la même structure que celui tombé à l'Aigle en l'an XI, et dont il y a un fragment dans le Muséum d'Histoire naturelle d'Angers.

» Lorsque le météore s'annonça, plusieurs personnes assurent avoir vu passer obliquement le morceau qui a été recueilli, et elles comparent son aspect à celui du boulet lancé hors de la bouche à feu. Ce fragment, tombant sur un terrain endurci d'une allée, n'a fait qu'un trou d'un demi-pouce de profondeur, en lançant autour de lui la terre du trou; ce qui effraya beaucoup la personne

près laquelle il tomba. Recueilli presque à l'instant de sa chute, ce fragment de météorithe n'avait point une chaleur particulière : celle de l'atmosphère était à 22 deg. du thermomètre de Réaumur. »

Extrait d'une lettre adressée à M. Arago par M. Boisgiraud aîné, professeur des sciences physiques au Collége royal de Poitiers.

Poitiers, le 13 juin 1822.

« Lundi 3 juin, à huit heures du soir, en arrivant sur la place d'Armes par l'angle sud-est, j'aperçus, vers l'angle opposée, une belle *étoile tombante*, imitant, par son éclat et son genre de lumière, cette pièce d'artifice qu'on nomme *chandelle romaine*. Elle a paru dans la direction nord-nord-est, par conséquent voisine du méridien magnétique : ce qui peut d'ailleurs n'avoir eu aucune influence sur le phénomène. Elle a laissé après elle une traînée lumineuse sensiblement en ligne droite : cette traînée, déliée vers le haut, augmentait de diamètre jusqu'à un point peu éloigné de la partie inférieure. Ce point, plus lumineux et d'un plus grand diamètre que le reste, a persisté aussi plus long-temps. Il soutendait un angle assez sensible. La trace lumineuse avait, dans sa partie inférieure, un éclat à-peu-près semblable à celui de la partie éclairée de la lune ; elle était d'ailleurs affaiblie par le crépuscule et la lumière de la lune elle-même. Cette extrémité inférieure était dans la constellation du Cocher, et passait entre la chèvre et l'étoile β, comme je m'en suis assuré dès que ces étoiles ont commencé à paraître. Peu à peu

la traînée lumineuse s'est déformée et a présenté à-peu-près l'aspect de la projection d'une hélice tracée sur un cylindre droit à base circulaire. Le pas de cette hélice a diminué graduellement à mesure que son diamètre augmentait : en même temps l'éclat du météore décroissait sensiblement. Au bout de quelques minutes, la continuité a cessé d'exister : l'hélice s'est divisée en deux branches. La branche supérieure contenait une plus grande partie de la courbe, et les deux extrémités de chaque branche se sont dirigées vers l'ouest. La branche supérieure a continué de s'affaiblir lentement, sans changer de place et sans se déformer d'une manière sensible : elle avait disparu totalement dix ou douze minutes après son apparition. La branche inférieure présentait alors une courbe irrégulière, et, au bout de quelques minutes, il n'en est resté que la partie la plus brillante ou le noyau, dont la lumière s'affaiblissait lentement. Pensant que ce noyau persisterait encore quelque temps malgré que sa lumière fût très-affaiblie, je fus chercher un télescope de Grégory pour l'examiner; mais il avait disparu totalement à mon retour; en sorte que, malgré que j'eusse observé sa position relativement aux deux étoiles citées précédemment, je n'ai pu le retrouver.

» Ce qui me paraît très-remarquable dans ce phénomène, c'est que, autant qu'on en peut juger sans instrument, la position du noyau relativement aux deux étoiles dont j'ai parlé m'a paru invariable : cependant le phénomène a duré environ un quart d'heure, et le mouvement diurne des étoiles avait été très-sensible.

» Je ferai remarquer que le vent soufflait d'une direc-

tion diamétralement opposée au météore, c'est-à-dire, qu'il était sud-sud-est à-peu-près ; mais il est peu probable qu'il ait eu une influence : le ciel était d'ailleurs serein.

» Ce phénomène a été assez apparent pour attirer l'attention d'un grand nombre de personnes dans différens quartiers de la ville ; ainsi il ne peut être révoqué en doute. Il n'est d'ailleurs pas rare d'observer une traînée lumineuse à la suite des étoiles filantes ; mais l'intensité de celle-ci et les circonstances qui l'ont accompagnée paraissent mériter une attention particulière. »

Si nous réussissons à nous procurer une évaluation de l'angle de hauteur et de l'azimuth dans lesquels le météore a été vu à Angers, nous chercherons à en déduire son élévation verticale au moment de l'explosion, et nous nous empresserons de mettre nos résultats sous les yeux des lecteurs des *Annales*.

Expériences *sur une altération du vesou de canne envoyé de la Martinique, et remis par M. Claman pour qu'il en fût fait une analyse chimique.*

Par M. Vauquelin.

Dans l'espérance de conserver pendant la traversée le vesou de canne, et de l'avoir, à Paris, sans altération pour en faire l'analyse, on le soumit, avant son départ

de l'île, à l'épreuve du moyen proposé par M. Apert pour la conservation des végétaux. Malgré cette précaution, l'on verra plus bas que le vesou avait subi, dans sa constitution, des changemens tels qu'il n'était plus reconnaissable.

Dans quelques-unes des bouteilles, le vesou avait fermenté de manière à donner naissance à de l'alcool, du vinaigre et de l'acide carbonique : cependant il restait encore un peu de matière sucrée, car la liqueur avait le goût d'un sirop de vinaigre légèrement alcoolisé très-agréable.

Dans d'autres bouteilles, le vesou, par une métamorphose singulière, avait entièrement perdu sa saveur sucrée, et avait donné naissance à une espèce de gomme demi-transparente, occupant beaucoup de volume, et si épaisse qu'elle ne sortait que difficilement des bouteilles. Indépendamment de cette portion de gomme séparée de la liqueur, celle-ci en contenait encore une grande quantité en dissolution que l'alcool en précipitait. Cependant l'odeur particulière au vesou de canne était bien marquée.

La plus grande partie des bouteilles était dans cet état singulier; quelques-unes étaient encore fluides, sucrées et acides; mais elles contenaient beaucoup de gomme en dissolution. Une ou deux, quoique ne contenant pas de gomme, ne recélaient plus ou presque plus de sucre et avaient une odeur désagréable : toutes étaient un peu troubles. Une certaine quantité de ce vesou ainsi altéré et encore un peu sucré ayant été évaporée en sirop épais, a présenté en beaucoup d'endroits des points de cristallisation qui étaient dus à de véritable sucre. Ainsi, malgré le peu de fluidité de cette matière qui était comme une

gomme filante et visqueuse, des parties de sucre ont pu se réunir pour cristalliser.

Une autre portion qui avait été dépouillée de sa gomme par l'alcool et de son acide par la craie, et qui avait été rapprochée en sirop épais, a cristallisé encore plus aisément et abondamment.

Desirant étudier les propriétés de cette espèce de matière gommeuse, j'ai précipité par l'alcool deux bouteilles de ce vesou épaissi; j'ai lavé et malaxé à plusieurs reprises la gomme avec de nouvel alcool, et après avoir pressé cette matière, je l'ai fait sécher.

Encore humide, elle est demi-transparente, a une couleur grisâtre, et diminue beaucoup de volume en séchant. Ainsi séchée, elle est blanche, opaque comme de la pâte d'amidon : il lui reste encore une légère saveur sucrée; mais, en se délayant dans la salive, elle l'épaissit beaucoup.

Elle se dissout abondamment dans l'eau, surtout à chaud; sa dissolution reste toujours laiteuse, même après la filtration. Mise sur un charbon ardent, elle se boursouffle, se charbonne promptement et répand une odeur comme le sucre ou la gomme; elle donne un produit acide à la distillation, accompagné d'un peu d'ammoniaque.

4 grammes de cette matière ont été mis avec 200 grammes d'eau et 10 grammes d'acide sulfurique, et on a fait bouillir le tout pendant dix à douze heures, en ayant soin de substituer de nouvelle eau à celle qui s'évaporait. La liqueur a pris une couleur rougeâtre, et en se refroidissant elle a déposé une certaine quantité de matière de la même couleur, et s'est en partie décolorée.

Cette matière rouge, lavée et séchée, répand, en se décomposant sur un charbon ardent, une odeur empyreumatique animale. C'est, sans doute, cette matière animale qui donnait à la dissolution l'aspect opalin mentionné ci-dessus, et que l'acide sulfurique a dénaturé.

Après avoir filtré la liqueur pour en séparer la matière rouge, je l'ai saturée par le carbonate de chaux; j'ai filtré de nouveau, lavé le sulfate de chaux, réuni les lavages à la liqueur principale, et je l'ai fait évaporer en consistance de sirop épais. Ce sirop n'a point cristallisé; il m'a semblé plus sucré que ne l'était la gomme avant son traitement; mais il n'était point entièrement changé en sucre, car l'alcool ne le dissolvait pas. Cette gomme n'est donc pas de la même nature que celle que l'on obtient de l'amidon convenablement traité par l'acide sulfurique.

8 grammes de cette gomme traités par l'acide nitrique ont donné une grande quantité d'acide oxalique et une petite quantité de matière jaune amère; elle n'a fourni aucune trace d'acide mucique; ce qui prouve que cette matière n'est pas une vraie gomme. Un gramme de cette gomme brûlé dans un creuset de platine a laissé un centigramme de cendre formée de phosphate de chaux, de fer et d'un atome de silice.

Que peut-on penser de l'origine de cette matière? Existait-elle toute formée dans le vesou avant son altération? ou est-elle le produit de la décomposition d'un ou de plusieurs des élémens du vesou? La première supposition ne paraît pas admissible; car jamais le suc de canne ne contient une aussi grande quantité de gomme; d'ailleurs, l'épaississement qu'a pris ce liquide, qui lui

permettait à peine de sortir des bouteilles, prouve évidemment que la seconde supposition est plus vraisemblable.

Mais quel est le principe du vesou qui a donné naissance à cette gomme ? Il me paraît évident que c'est le principe sucré, puisque le vesou ainsi altéré ne contient presque plus de sucre, et que l'on n'a trouvé d'ailleurs dans ce vesou ni alcool ni acide carbonique, au moins en quantité notable.

Note *sur la Précipitation de l'albumine au pole positif de la pile voltaïque.*

Par Mr J.-L. Lassaigne.

Depuis long-temps l'on avait remarqué la coagulation de l'albumine exposée à l'action d'un courant galvanique, et l'on avait observé que ce phénomène se manifestait au pole positif.

Quoiqu'on n'eût pas encore cherché à expliquer la cause de cette action, MM. Prevost et Dumas, dans un Mémoire intitulé : *Recherches physiologiques et chimiques sur le sang*, en faisant mention de cette propriété reconnue avant eux à cette matière animale, admettent une opinion qui nous a paru très-hasardée, et qui, avant d'être publiée, aurait eu besoin d'être vérifiée par l'expérience. Ils regardent la solution d'albumine telle qu'on la retire du blanc d'œuf ou du sérum du sang, comme de l'*albuminate de soude*, et expliquent aisément la précipitation de l'albumine au pole

positif en la considérant comme un acide qui y serait attiré.

Nous avouerons qu'une semblable hypothèse a été adoptée sans beaucoup de réflexion de leur part, et qu'ils ne l'auraient pas annoncée aussi gratuitement s'ils avaient essayé de la confirmer par l'expérience.

L'albumine liquide, extraite des différentes parties des animaux qui la fournissent, n'est jamais pure ; elle est toujours mélangée avec une certaine quantité de substances salines. La plus pure qu'on puisse se procurer provient de l'œuf : encore celle-ci contient-elle une petite quantité de chlorure de sodium. Il doit nécessairement arriver, lorsqu'on soumet une pareille solution à l'action de la pile, que la petite quantité de sel qu'elle renferme se décompose de manière que l'acide se porte vers le pole positif, tandis que sa base est attirée vers le pole négatif. Or, toutes les fois que l'albumine rencontre un acide minéral, elle s'y unit et forme presque toujours un composé insoluble : donc l'albumine, mise en contact avec le pole positif, où vient se rendre l'acide, doit se combiner avec celui-ci et se précipiter.

Pour soumettre à l'expérience ce raisonnement, nous avons d'abord cherché à purifier l'albumine de cette quantité de sel qu'elle renferme ; et si nous ne sommes pas parvenus à l'en séparer entièrement, du moins n'en restait-il que des traces. Le moyen que nous avons employé pour y parvenir a été la coagulation du blanc d'œuf par l'alcool à 28°, et son lavage à plusieurs reprises jusqu'à ce que la dissolution d'argent n'y démontrât plus la présence du chlore.

L'albumine ainsi traitée a été mise avec de l'eau

distillée ; une petite quantité s'y est seulement dissoute, car la solution précipitait par l'acide nitrique l'infusion de noix de galle, et était troublée par la chaleur.

Nous avons placé cette solution dans un tube de verre recourbé en siphon, et nous l'avons soumise à un courant galvanique : elle ne s'est nullement troublée ; mais après y avoir ajouté quelques gouttes d'une solution de chlorure de sodium, nous avons observé au pole positif qu'elle est devenue laiteuse, et qu'elle a déposé des flocons blancs.

Cette expérience démontre évidemment que l'albumine pure n'est point précipitée par la pile voltaïque, que la cause de sa précipitation observée au pole positif est due à un des élémens du sel qu'elle contient dans son état naturel, et qui, devenant libre par cette opération, s'y unit et la précipite de son dissolvant.

Notice *géognostique sur la* Sierra Nevada.

Dn Josef Rodriguez, directeur de l'Observatoire de Madrid et l'un des élèves les plus distingués de l'Ecole de Freyberg, vient de nous communiquer des résultats intéressans sur la composition géognostique de la *Sierra Nevada* de Grenade. Cette chaîne, plus élevée que les Pyrénées, et couverte, dans quelques points, de neiges éternelles, est à-peu-près perpendiculaire au méridien. D'après le nivellement géométrique de Dn Clemente Rojas, le Picacho de Veleta s'élève jusqu'à 4153 varas castellanas = 3447 mètres au-dessus de la mer :

Le Cerro de Mulhacen, à 4254 varas = 3531 mètres.

Les formations qui constituent toute la masse de ces montagnes sont primitives et d'une grande uniformité: ce sont des mica-schistes (glimmer schiefer) qui passent au gneiss et au schiste argileux (phyllade, thonschiefer), et qui renferment des bancs subordonnés d'euphotide (serpentine, roche diallagique), de quarz et probablement aussi de grünstein (diabase). On ne reconnaît nulle part le granite et le véritable gneiss. Les fragmens de ces roches ne se trouvent pas même dans les terrains de transport environnans. L'existence du grünstein, comme couche subordonnée, devient extrêmement probable par les blocs épars qui entourent la chaîne principale. Ce grünstein contient des cristaux disséminés de grenat, phénomène que présente aussi les grünstein des mica-schistes recueillis par M. de Humboldt dans la chaîne du littoral de Caracas. A la pente méridionale de la Sierra Nevada, le schiste argileux (thonschiefer) est superposé au mica-schiste, et supporte à son tour des calcaires noirs de transition riches en plomb sulfuré. La fréquence des bancs de grünstein pourrait faire croire que toute la masse de ces hautes montagnes appartient à la formation intermédiaire ou de transition; mais il ne faut point oublier que les granites stannifères du Fichtelgebirge en Franconie offrent aussi des bancs et des filons de grünstein, et que M. de Buch a fait connaître des euphotides primitives dans le nord de l'Europe. Les strates des roches qui composent la Sierra Nevada sont inclinés en forme de tuiles, c'est-à-dire, que leur direction est à-peu-près parallèle à celle de la

chaîne centrale, et qu'ils plongent vers le nord, à la pente septentrionale, et, vers le sud, à la pente australe. Dans la chaîne des Alpes, les strates sont le plus souvent inclinés vers le centre de la chaîne : ils plongent au nord, du côté de l'Italie. Il sera intéressant pour le géognoste de bien connaître la liaison des roches volcaniques du cap de Gates avec les formations intermédiaires et primitives de la Sierra Nevada.

Le terrain qui entoure cette chaîne de montagnes est si élevé que la plate-forme supérieure de la tour de la cathédrale de Grenade est déjà à 944 varas = 784 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Sur *la Distance à laquelle les ouragans transportent les molécules salines de la mer.*

Le 3 septembre 1821, il s'éleva, vers midi, à Newhaven (Amérique), une tempête du S.-E. qui alla toujours en augmentant, et acquit, à la tombée de la nuit, une violence extraordinaire. Le lendemain matin, les fenêtres de la ville étaient couvertes de sel; les feuilles des arbres situées du côté du vent tombèrent desséchées en peu d'heures. A Hébron, distant de 30 milles (dix lieues environ) de la côte, les feuilles de tous les végétaux, le matin du 4 septembre, étaient salées. On assure même avoir fait

cette remarque à Northampton, qui est situé à 60 milles (vingt lieues) dans les terres. (*Journ. améric.*)

ÉTAT GÉNÉRAL *de la quantité de cuivre extraite des mines d'Angleterre et d'Irlande durant douze mois, commençant le* 1er *juillet* 1820 *et finissant le* 30 *juin* 1821.

Cornouailles	7764 tonnes.
Anglesea	500
Devon	476
Irlande, Galles, Staffordshire, Ecosse, etc.	740
Total	9480 tonnes.

Le prix moyen du cuivre est de 107 livres sterling et 6 shellins la tonne.

Il y a telle mine de Cornouailles, celle de Dolcoath, par exemple, qui entre dans cette somme totale pour 800 tonnes de produit annuel représentant une valeur de plus de 2 millions de francs.

MOYEN *de distinguer la strontiane de la baryte.*

PRENEZ un sel soluble de la terre que voulez reconnaître; faites-le dissoudre dans l'eau; ajoutez ensuite de la dissolution de sulfate de soude en excès, et filtrez. La liqueur étant limpide, versez-y du sous-carbonate de potasse : si elle se trouble, la terre était de la strontiane; si elle reste claire, la terre était de la baryte. (*Journ. of Sciences.*)

PROCÉDÉ *imaginé par le D*r Wollaston *pour découvrir s'il existe de la magnésie dans une dissolution.*

A son retour de Londres, M. Clément nous a fait connaître le procédé suivant, dont se sert le Dr Wollaston, pour reconnaître l'existence de la magnésie dans une liqueur limpide.

Etendez une couche de la liqueur sur une lame de verre. Tracez ensuite sur cette lame, avec la pointe d'un tube de verre, des caractères quelconques : le mot *magnésie*, par exemple. Si la substance s'y trouve, vous pourrez lire ce mot en caractères blancs très-apparens : dans le cas contraire, vous n'apercevrez rien.

Le Dr Wollaston attribue, dit-on, cet effet, au dégagement de chaleur qui est produit par le frottement du tube de verre sur la surface de la plaque recouverte de liquide.

Note *sur le Minerai de plomb argentifère de Chéronie (Charente).*

Par M. Berthier,

Ingénieur au Corps royal des Mines.

On a découvert, il y a deux ans, dans le département de la Charente, un gîte de minerai de plomb argentifère, sur lequel on fait actuellement des travaux de recherches qui promettent du succès. Ce gîte est situé à Chéronie, commune d'Ambernac, à peu de distance de Confolens, et non loin des mines d'étain de Vaulry. Les roches qui le renferment sont primitives, et, à ce qu'il paraît, très-stéatiteuses.

Le minerai de Chéronie est riche; c'est un mélange de galène et de plomb carbonaté, ayant ordinairement du quartz pour gangue. La galène est à facettes moyennes. Le plomb carbonaté se présente quelquefois en petits amas isolés dans le quartz : il est alors amorphe, lamelleux, incolore et translucide; mais le plus souvent il est disséminé en lamelles entre les feuillets de la galène, qui en est comme pénétrée.

La galène et le plomb carbonaté sont l'un et l'autre argentifères; mais le plomb carbonaté est beaucoup plus riche que la galène : c'est cette particularité remarquable qui nous a engagé à publier cette note.

On a concassé grossièrement une portion de minerai; on a recueilli par le triage les petits morceaux exempts de quartz, et on les a réduits en poudre. Dix grammes de cette poudre ayant été fon-

dus avec 40 grammes de flux noir, on a obtenu 7 grammes de plomb, qui, soumis à la coupellation, ont laissé un bouton d'argent du poids de $0^g,005 = 0,0005$, ou 6 gros 30 grains au quintal poids de marc.

Vingt grammes de la même poudre, traités par l'acide acétique, ont fait effervescence et se sont réduits à $13^g,5$: le résidu était de la galène pure, et tout le carbonate de plomb s'était dissous dans l'acide acétique. Dix grammes de la galène ainsi traitée ont été coupellés directement avec deux fois leur poids de plomb; ils ont laissé $0^g,002$ d'argent = 2 gros 40 grains au quintal, poids de marc (défalcation faite de l'argent contenu dans le plomb ajouté).

Il suit de ces deux expériences que le plomb carbonaté pur doit contenir 0,0011 d'argent ou 1 once 6 gros au quintal, poids de marc.

Pour vérifier ce résultat, on s'est procuré, par un triage fait avec soin, une certaine quantité de plomb carbonaté à-peu-près pur, et on en a fondu 10^g avec du flux noir : on a obtenu un culot de plomb pesant $5^g,6$, et ce culot a donné par la coupellation $0^g,01$ d'argent = 1 once 4 gros 57 grains au quintal, poids de marc; quantité peu différente de celle que l'on déduit de l'essai comparatif de la galène pure et du minerai trié.

Ainsi, le minerai de Chéronie se compose de galène très-pauvre en argent, puisqu'elle n'en contient que 0,0002, et de plomb carbonaté, qui renferme cinq fois autant de ce métal, c'est-à-dire, environ 0,001. Comme

la portion d'argent qui est contenue dans le plomb carbonaté se dissout dans l'acide acétique (l'ammoniaque le dissout également bien), elle ne peut être à l'état métallique; il est vraisemblable qu'elle est à l'état de carbonate comme le plomb.

Il y aurait de grands inconvéniens à traiter le minerai de Chéronie par les procédés ordinaires; car, 1° on perdrait une grande partie du carbonate de plomb, et par conséquent de l'argent, par le lavage; et 2° le plomb d'œuvre, très-appauvri par le plomb qui proviendrait de la galène, ne pourrait être coupellé avec bénéfice. Voici la méthode qu'il me semblerait convenable de suivre :

On concasserait, et après avoir fait un triage sévère à la main, on réduirait le minerai en un sable très-gros, que l'on soumettrait à un second triage à la cuve ou à la grille; puis, au lieu de laver immédiatement le sable ainsi préparé, on le traiterait par de l'acide acétique obtenu de la carbonisation du bois en vases clos. Le résidu, qui ne se composerait plus que de galène et de gangue pierreuse, serait porté sur les tables; le lavage en serait facile, et il produirait de la galène qu'on emploierait comme alquifoux, ou dont on extrairait du plomb pauvre que l'on ne coupellerait pas. Quant à la dissolution acétique, on y verserait une très-petite quantité de muriate de soude pour en précipiter l'argent à l'état de muriate : le précipité pourrait être mêlé d'un peu de muriate de plomb; mais rien ne serait plus facile que d'en extraire tout l'argent, et l'on obtiendrait sans peine ce métal au plus haut titre.

Enfin, on purifierait l'acétate de plomb et on le livrerait au commerce, ou bien on le traiterait par l'acide sulfurique pour en extraire de l'acide acétique pur : dans ce cas, on mêlerait avec la galène le sulfate de plomb qui en proviendrait, et l'on réduirait immédiatement le mélange au four à réverbère.

(*Ann. des Mines.*)

Sur *les Vertus magnétiques du fer et de l'acier incandescens.*

M. Barlow, professeur à l'Ecole militaire de Woolwich, a découvert depuis peu quelques propriétés du fer et de l'acier fortement chauffés qui paraissent extrêmement remarquables. Le Mémoire original n'ayant pas encore paru, nous sommes forcés de puiser les documens d'après lesquels nous rédigeons cet article, dans un extrait qu'a publié l'*Edimburgh philosophical Journal*, et qui malheureusement n'est pas entièrement exempt d'obscurité.

Les barreaux de fer employés dans les expériences étaient des parallélipipèdes de 25 pouces de long et de 1 pouce $\frac{1}{4}$ de côté. On les plaçait dans le méridien magnétique, sous l'angle de l'aiguille d'inclinaison et à des distances d'une boussole horizontale comprises entre 5 et 9 pouces. Voici maintenant les résultats :

Le barreau de fer, quand il est chauffé jusqu'au blanc, n'exerce aucune action magnétique sur l'aiguille horizontale.

Cette action, au contraire, est très-intense lorsque le barreau est d'une couleur rouge de sang.

Dans les températures intermédiaires et qui donnent au fer une nuance comprise entre le rouge ordinaire et le rouge brillant, *l'action du barreau s'exerce en sens contraire.* Ainsi, par exemple, si l'on place la boussole et le barreau de manière que l'*extrémité nord* de l'aiguille soit attirée par le fer à froid, ce sera l'*extrémité sud* qu'attirera le même fer quand on aura élevé sa température jusqu'au rouge brillant. Laissant alors, si l'on veut, le barreau se refroidir en face du pole sud, on remarquera que l'action ordinaire du fer se reproduit, et que l'aiguille est déviée en sens contraire ou repoussée, dès que la teinte devient rouge de sang obscur.

Nous attendrons de plus amples éclaircissemens sur ces expériences avant d'examiner combien il serait singulier qu'un simple accroissement de température pût modifier l'action d'un barreau au point de transformer l'attraction en répulsion, sans qu'il y eût une température *intermédiaire* pour laquelle toute action du barreau cesserait.

Durant la même suite d'expériences, M. Barlow a essayé de déterminer l'ordre suivant lequel les diverses espèces de fer doivent être rangées relativement à la faculté dont elles jouissent d'attirer ou de déranger une aiguille aimantée. Voici cet ordre avec les évaluations en nombres données par l'auteur :

Fer malléable...............	100;
Acier fondu, non trempé......	74;

Acier (*Blistered*) non trempé.	67;
Acier (*Shear*)................	66;
Acier (*Shear*) trempé........	53;
Acier (*Blistered*) trempé.....	53;
Acier fondu, trempé..........	49;
Fer fondu...................	34.

Ces expériences se rapportent à la température ordinaire; car, à une chaleur très-intense, le pouvoir attractif ou répulsif du fer malléable, loin d'être le plus grand, comme dans la table, est, au contraire, le plus petit. Quant au fer fondu, ses propriétés sont modifiées par la chaleur, tout autrement que celles du fer forgé, puisque sa faculté attractive étant représentée par 1 à la température ordinaire, devient 3 quand ce fer est fortement chauffé.

Sur *de nouvelles Filières*.

Le moyen ordinaire de tirer des fils cylindriques consiste à les faire passer de force par des ouvertures circulaires formées dans des plaques de fer, d'acier ou de tout autre métal; mais on a remarqué qu'en peu de temps l'ouverture s'use ou se déforme, et que les fils cessent alors d'avoir toute la régularité convenable. M. Brookedon exécute maintenant le même travail à Londres avec beaucoup de succès, en faisant passer les fils à travers des trous coniques pratiqués dans des diamans, des saphirs, des rubis ou d'autres pierres dures. Quoi-

qu'il semble devoir être indifférent, dans cette opération, d'introduire le fil par la grande ou par la petite base de l'ouverture conique, M. Brookedon annonce qu'on obtient de meilleurs résultats quand on le fait entrer par le plus petit trou et qu'on le tire par le graud.

(*Edimb. Philos. Journ.*)

ANNONCE.

VOYAGE *minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année* 1818;

PAR F.-S. BEUDANT,

Sous-Directeur du Cabinet de Minéralogie particulier du Roi.

3 vol. in-8°, et atlas composé de 14 cartes et plans. Prix, 80 francs papier fin; 94 fr. papier satiné, et 140 fr. papier vélin. Il faut ajouter 15 fr. pour les recevoir francs de port.

A Paris, chez *Verdière*, libraire, quai des Augustins, n° 25.

Les commissaires de l'Académie des Sciences nommés pour faire l'examen de cet ouvrage, MM. de Humboldt, Lelièvre et Brochant, l'ont présenté comme l'un des plus remarquables qui aient paru depuis long-temps sur la géologie, tant par son étendue et sa variété que par son mérite scientifique. M. Beudant était en effet

déjà connu très-avantageusement par plusieurs Mémoires qui annonçaient une grande sagacité, et l'on devait s'attendre que la Hongrie, pays si remarquable par ses richesses minérales, trouverait en lui un historien aussi fidèle qu'éclairé. M. Beudant s'était proposé de fixer l'opinion des géologues sur la nature jusqu'ici problématique de quelques terrains de la Hongrie. Il s'est surtout attaché aux terrains volcaniques de la plus ancienne époque, ou de trachyte, et au terrain aurifère; mais il a fait aussi une foule d'observations intéressantes sur tous les autres terrains. On remarque, dans son ouvrage, un résumé géologique de ses principales observations sur la Hongrie, qui remplit seul le troisième volume, et que l'on peut considérer comme un Traité complet de Géologie.

ERRATA.

Page 60, ligne 8 : *au lieu de*, page 33, *lisez*, page 331.
Page 61, ligne 14 : *au lieu de*, sur lui, *lisez*, sur le fil de cuivre *DEFG*.
Page 66, ligne 27 : au lieu de, *E'''*, lisez, *E*.
Page 70, ligne 21 : *au lieu de*, aimans, *lisez*, courans.
Page 71, ligne 15 : au lieu de, *EL*, lisez, *FL*.
Page 73, ligne 18 : *au lieu de*, fig. 11, *lisez*, fig. 8.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	761,28	+14,0	40	760,75	+17,0	32	759,82	+18,4	23	760,15	+13,6	24	+18,4	+ 8,0	Beau.	N. E.
2	759,68	+14,8	45	759,00	+16,6	27	757,76	+17,8	23	757,74	+13,6	21	+17,8	+ 7,3	Nuageux.	E. N. E.
3	755,38	+16,3	76	753,26	+17,8	60	750,66	+20,0	55	748,80	+14,8	83	+20,0	+ 5,3	Légers nuages.	E.
4	747,64	+19,9	78	748,02	+23,5	68	748 20	+21,8	73	748,83	+15,1	92	+23,5	+ 9,8	Très-nuageux.	S.
5	749,86	+20,9	87	750,00	+23,1	78	749,34	+23,9	71	750,26	+18,0	88	+23,9	+13,6	Nuageux.	S. S. E.
6	750,60	+23,8	75	750,04	+25,4	74	749,58	+24,1	70	749,90	+17,2	98	+25,4	+12,7	Nuageux.	S. E.
7	750,29	+23,0	78	750,48	+24,9	73	750,35	+24,5	75	750,72	+19,2	85	+25,0	+13,8	Très-nuageux.	S.
8	750,74	+17,4	90	751,20	+15,1	90	751,16	+13,6	88	750,08	+11,3	90	+17,4	+11,0	Couvert.	N.
9	746,86	+10,9	85	746,18	+14,0	81	742,62	+14,8	82	743,48	+12,0	92	+14,7	+ 9,3	Couvert.	E. N. E.
10	741,53	+14,6	87	741,40	+17,8	79	741,50	+17,6	73	742,96	+12,0	84	+17,8	+10,9	Couv. pluie par inter.	O. S. O.
11	745,93	+14,0	78	746,60	+14,5	71	746,54	+11,3	79	746,36	+ 9,2	99	+14 5	+ 7,4	Pluie fine.	O.
12	745,22	+13,0	92	745,57	+14,4	89	746,24	+12,0	95	747,78	+10,6	100	+15,4	+ 9,5	Couvert, brouillard	S. O. très-faibl.
13	748,50	+12,0	96	748,57	+15,0	86	748,78	+14,0	87	750,06	+11,6	99	+15,0	+10,2	Couvert.	N. E.
14	751 45	+12,1	96	751,56	+15,9	79	751,20	+16,8	77	752,05	+14,1	89	+16,8	+10,0	Couvert.	N.
15	753,07	+15,0	77	753,16	+17,8	74	752,80	+18,1	64	753,67	+14,7	90	+18,1	+10,5	Nuageux.	N.
16	754,96	+14,0	84	754,18	+18,0	82	753,70	+19,8	73	753,97	+16,8	91	+21,0	+10,0	petits nuag. à l'horiz.	N.
17	754,17	+21,8	77	753,82	+23,2	75	752,63	+23,8	72	754,48	+15,9	94	+25,0	+14,4	Quelques éclaircies.	N. N. O. tr.-fai.
18	755,97	+21,4	76	756,24	+22,9	72	756,40	+20,9	75	757,22	+18,0	93	+22,9	+14,9	Quelques éclaircies.	O.
19	757,95	+22,0	76	757,77	+25,0	72	756,92	+26,8	66	757,65	+19,7	85	+26,8	+14,0	Nuageux.	O.
20	759,08	+23,2	84	758,69	+27,5	70	760,08	+18,8	82	760,24	+17,6	98	+27,5	+15,0	A demi couv., vap.	O.
21	761,60	+19,5	74	761,47	+24,3	73	761,12	+25,5	64	762,53	+19,9	89	+25,5	+14,0	Petits nuages.	O.
22	762,60	+20,8	76	762,16	+24,7	65	761,30	+25,0	62	761,12	+19,5	88	+25,0	+13,0	Beau.	N E.
23	759,98	+18,0	77	759,27	+19,0	71	758,00	+19,0	70	757,42	+13,4	87	+19,0	+11,6	Vapeurs.	N. E.
24	754,97	+16,2	79	754,28	+18,8	70	753,10	+15,9	70	753,24	+13,2	95	+18,8	+10,0	Très-nuageux.	E. N. E.
25	753,44	+17,8	72	753,57	+19,1	68	753,10	+20,8	64	754 60	+15,4	84	+21,6	+ 9,8	Très-nuageux.	N. N. E.
26	756,10	+23,1	67	756,00	+23,8	65	756,30	+22,6	64	758,43	+17,0	82	+24,5	+ 9,0	Trouble et nuageux.	S.
27	761,50	+21,3	70	761,54	+22,6	70	760,93	+23,5	69	761,07	+16,3	84	+23,5	+13,1	Très-nuageux.	O.
28	762,91	+22,8	68	762,80	+24,0	67	762,50	+26,2	68	763,05	+18,9	90	+26,3	+11,3	Nuageux.	O. S. O.
29	763,86	+22,8	76	763,23	+28,0	66	762,96	+26,5	67	763,74	+19,7	84	+28,0	+15,0	Trouble et nuageux.	O. très-faible.
30	764,07	+23,1	71	763,47	+28,2	71	762,87	+28,2	67	762,95	+22,2	88	+28,3	+14,0	Très-nuageux.	O. très-faible.
31	764,10	+25,0	73	764,03	+28,3	70	762,95	+29,0	67	763,46	+22,8	82	+29,6	+18,4	Très-nuageux.	N.
1	751,39	+17,6	74	751,03	+19,5	66	750,10	+19,6	63	750,29	+14,7	76	+20,4	+10,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	752,63	+16,8	84	752,62	+19,4	77	752,53	+18,2	77	753,35	+14,8	94	+20,3	+11,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,605
3	760,46	+20,9	73	760,16	+23,7	69	759,56	+23,8	66	760,14	+18,0	86	+24,5	+12,6	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 4,222
	755,01	+18,6	77	754,78	+21,0	71	754,30	+20,7	69	754,77	+15,9	89	+21,8	+11,5	Moyennes du mois, +16°,7.	

SUITE

DE LA COMPOSITION *des Sulfures alcalins.*

PAR Mr J. BERZELIUS.

IV. *Formation de l'hépar par la voie humide.*

On obtient l'hépar de deux manières, par la voie humide, soit en faisant bouillir l'hydro-sulfure de potasse avec du soufre, soit en faisant bouillir ou fondre à une chaleur modérée l'hydrate de potasse avec le soufre. Nous allons examiner ces deux procédés.

1. La solution dans l'eau du sulfure de potassium au *minimum* est représentée par $\ddot{K} + 2\,H^2\,S$, que j'appellerai *sous-hydro-sulfure de potasse*. Lorsqu'on fait digérer cette solution un peu concentrée avec du soufre en poudre, elle le dissout, et l'on obtient, par ce moyen, du sulfure de potassium à tous les degrés, jusqu'à ce que la solution contienne 4 atomes d'hydrogène et 10 atomes de soufre par atome de potasse, ou $\ddot{K} + H^4\,S^{10}$, qui est la même combinaison que celle qui se forme lorsque le sulfure de potassium au *maximum* est dissous dans l'eau.

2. Lorsque l'hydro-sulfure de potasse neutre

$$\ddot{K} + 4\,H^2\,S,$$

en solution concentrée, est mêlé avec du soufre en poudre, il en résulte une forte effervescence, même à la température ordinaire; il se dégage du gaz hydrogène sulfuré; le soufre se dissout, et la liqueur prend une

couleur orangée. Si l'on continue à ajouter du soufre tant que le dégagement de gaz a lieu, on finit par obtenir encore la combinaison $\ddot{K} + H^4 S^{10}$; en sorte que 8 atomes de soufre chassent 2 atomes d'hydrogène sulfuré, ou la moitié de l'acide hydro-sulfurique contenu dans le sel.

3. Le soufre mis en digestion avec l'hydrate de potasse s'y dissout. Une partie du soufre s'acidifie au premier degré et forme de l'acide hypo-sulfureux. Si l'on suppose que cette oxidation a lieu aux dépens de l'eau, son hydrogène sert à former de l'acide hydro-sulfurique qui sature une partie de la potasse, et cette combinaison dissout alors, comme nous l'avons déjà vu, de nouvelles quantités de soufre. Lorsqu'elle en est saturée, on a la combinaison $\ddot{K} + H^4 S^{10}$. Si le soufre est en moindre quantité, il en résulte des sulfures inférieurs.

Il est assez naturel de soupçonner que, dans cette opération, il pourrait se former aussi de l'acide sulfureux. J'ai donc essayé d'obtenir de l'acide sulfureux ou sulfurique, soit en faisant bouillir, soit en faisant fondre de l'hydrate de potasse avec de très-petites quantités de soufre; mais je n'y ai jamais réussi. La dissolution fort alcaline que j'obtins fut ajoutée avec de l'oxide de cuivre hydraté, jusqu'à ce qu'elle fût devenue incolore; elle fut passée au filtre et puis sur-saturée d'acide muriatique. Il se précipita toujours beaucoup de soufre, et il se dégagea en même temps de l'acide sulfureux. Si tel est le cas, malgré la petite quantité de soufre qui a été dissoute, il n'y a pas de raison de croire qu'il se forme de l'acide sulfureux dans aucune des susdites opérations.

Pour déterminer dans quels rapports l'acide hypo-

sulfureux et l'hydrogène sulfuré sont combinés avec la potasse au plus haut degré de saturation, je fis dissoudre du soufre dans une lessive d'hydrate de potasse, remplissant un vase pourvu d'une soupape qui donnait issue aux vapeurs, mais ne laissait rien entrer. Lorsque le soufre cessa de se dissoudre dans le liquide bouillant, on le laissa refroidir. Une portion fut décomposée par l'oxide de cuivre hydraté; la liqueur, passée au filtre, fut traitée par l'eau régale, et versée dans un flacon qui fut bien bouché. Elle se troubla et devint laiteuse; au bout de quelques heures, on la fit bouillir dans le flacon débouché. Il s'était déposé une petite portion de soufre qui pesait 0,046 gr. La solution fut mêlée avec du muriate de baryte, qui précipita 0,95 gr. de sulfate de baryte, ou bien 1,292 gr., si l'on évalue les 0,046 gr. obtenus comme du sulfate de baryte.

La solution, filtrée, fut précipitée par un excès d'acide sulfurique, puis passée encore au filtre, et évaporée à siccité. Après quoi, le sel fut chauffé avec les précautions nécessaires, jusqu'à ce qu'il ne restât plus que du sulfate de potasse neutre. Il pesait 1,287 gr.

Comme je ne m'attendais guère à ce résultat, je répétai l'expérience; mais je trouvai les mêmes rapports, c'est-à-dire, que le sulfate de baryte pesait environ un pour cent de plus que le sulfate de potasse. On ne peut expliquer cette circonstance qu'en supposant que l'hépar saturé contient $\ddot{K}\, S^{6} + 3\, \ddot{K}\, H^{4}\, S^{10}$, et qu'ici, comme par la voie sèche, $\frac{1}{4}$ de la potasse se combine à l'acide hyposulfureux, dans une proportion telle que l'acide contient trois fois l'oxigène de la base. Il s'ensuit qu'on doit ob-

tenir, dans l'analyse, 3 atomes de sulfate de baryte pour 4 atomes de sulfate de potasse, les poids desquels sont entre eux comme 874,8 : 872,8.

En conséquence, l'acide hypo-sulfureux peut se combiner avec les bases en 3 proportions : 1° celle qui a lieu lorsque le zinc ou le fer est dissous dans l'acide sulfureux, où la base et l'acide contiennent une égale quantité d'oxigène ; 2° celle qui se forme lorsque le soufre se dissout dans des sels sulfureux, ou quand l'hépar s'oxide à l'air, dans laquelle l'acide contient deux fois l'oxigène de la base ; 3° et enfin, le cas dont il vient d'être question, où l'acide contient trois fois l'oxigène de la base. Il est clair que si l'on ajoute de l'hydrate de potasse à de l'hépar saturé, il se forme un hypo-sulfite moins saturé d'acide, tandis que l'hépar lui-même n'éprouve aucune altération parce que le rapport de l'hydrogène ne change pas.

Cette circonstance pourrait faire naître la question si avec moins de soufre il se formerait, par exemple, du

$$\ddot{K}\,\dot{S}^{2} + \ddot{K}\,H^{4}\,S^{2} \text{ ou du } \ddot{K}\,\dot{S}^{4} + \ddot{K}\,H^{8}\,S^{4}\,;$$

ce qui cependant ne paraît pas avoir lieu, puisque la moindre portion de soufre colore la potasse, et que ces combinaisons devraient être incolores ; ou bien, s'il se se formerait

$$\ddot{K}\,\dot{S}^{4} + 2\,\ddot{K}\,H^{4}\,S^{4} \text{ ou } \ddot{K}\,\dot{S}^{4} + 2\,\ddot{K}\,H^{4}\,S^{6},$$

et ainsi de suite, avec un nombre croissant d'atomes de soufre jusqu'à 10. En effet, on n'a besoin que d'ajouter à l'hépar saturé dont il a été fait mention une portion de potasse correspondante au poids de $\frac{1}{2}$ K ou de $\frac{1}{2}$ atome

de potassium, pour obtenir ledit rapport entre la quantité de basé qui se combine avec l'acide, et celle qui se combine à l'hydrogène dans ses différens degrés de sulfuration. On peut donc regarder comme certain que toutes ces dernières combinaisons se forment en raison des différentes quantités de soufre qui sont présentes.

Mais il s'offre une autre question. Le potassium ne peut-il pas se combiner avec plus de 10 atomes de soufre? Nous avons vu que, par la voie sèche, il ne le peut point. Que l'on verse une goutte d'acide sulfurique dans une solution d'hépar préparé par la voie sèche, aussitôt elle se trouble, et le précipité est insoluble. Ainsi, l'eau ne peut pas non plus tenir en dissolution un sulfure d'un degré plus élevé. Si, au contraire, l'on fait bouillir une solution un peu concentrée d'hydrate de potasse avec du soufre jusqu'à parfaite saturation, il se précipite bien pendant le refroidissement une certaine portion de soufre; mais sa quantité varie suivant la concentration de la liqueur. Verse-t-on la solution chaude dans un vase froid, il se dépose du soufre à travers tout le liquide; mais ce soufre est en partie précipité par l'influence de l'air, qui agit principalement tandis que la masse est chaude. Une solution de potasse caustique dans l'alcool dissout beaucoup plus de soufre qu'une solution de cet alcali dans l'eau. Il s'en dépose beaucoup pendant le refroidissement, et même lorsque la dissolution est étendue d'eau. L'hépar se trouble en général lorsqu'il est mêlé de beaucoup d'eau, par l'effet de l'air contenu dans ce liquide. Si l'on dissout dans l'alcool de l'hépar au *maximum*, préparé par la voie sèche, et qu'on le laisse dans un vaisseau mal fermé, on aperçoit, au bout de

quelques heures, à la surface du liquide, des cristaux radiés et incolores, sans qu'il se dépose du soufre. Ces cristaux sont de l'hypo-sulfite de potasse, et le soufre qui devrait se précipiter est tenu en dissolution dans l'alcool jusqu'à ce qu'il en soit saturé. A cette époque, le soufre et l'hypo-sulfite commencent à cristalliser ensemble; ce qui continue jusqu'à ce que la liqueur soit devenue incolore. On ne peut toutefois rien conclure avec certitude de ces expériences, par rapport à l'existence d'un sulfure de potassium plus élevé que KS^{10}.

D'anciennes observations nous avaient fait connaître que la chaux ne peut pas être combinée, par la voie sèche, avec une grande quantité de soufre; ce qui a été confirmé par les expériences de M. Vauquelin, rapportées dans son Mémoire déjà cité. J'ai fait voir précédemment que lorsque la chaux est réduite par l'hydrogène sulfuré, il se forme CaS^2; mais je n'ai pu réussir à faire prendre à cette combinaison une plus grande quantité de soufre. Lorsqu'on fait bouillir de l'hydrate de chaux avec du soufre, même en excès, il se forme en général, pour le moins, deux combinaisons, dont l'une est peu soluble, et se dépose, en partie, pendant l'ébullition, sous la forme d'une poudre jaune foncée, et en partie, pendant le refroidissement, en cristaux de cette même couleur. Ce sel a été décrit d'abord par Buchner (1); Dœbereiner fit des conjectures sur sa composition, et sa forme a été déterminée par Bernhardi. Enfin, Herschel reconnut, par des expériences, qu'il est com-

---

(1) V. Schweigger, *Neuss Journal fur Chemie und Physik*, t. XVI, p. 397, et t. XXII, p. 43.

posé de $\dot{\dot{C}}a\,H^4\,S^4$. La partie qui reste dans la solution est un sulfure d'un degré plus élevé, mais dont la composition est difficile à déterminer, parce que l'hypo-sulfite qui a donné naissance à la combinaison cristallisée reste aussi dans la solution. Pour parer à cet inconvénient, je fis bouillir du sulfure de calcium ($Ca\,S^2$) (préparé avec de la chaux pure chauffée dans un courant de gaz hydrogène sulfuré) avec du soufre en excès, jusqu'à ce qu'il en fût saturé; je décomposai la dissolution par l'acide muriatique, je séparai et pesai le soufre, et je convertis le muriate de chaux en sulfate, qui fut également pesé. J'obtins 1,682 gr. de soufre et 1,815 de gypse. Ceux-ci font 8 atomes; car un atome de gypse (égal à 1714,38) est à 8 atomes de soufre, représentés par 1601,9 comme 1,815 est à 1,690. En y ajoutant 2 atomes de soufre, qui ont disparu sous la forme de gaz hydrogène sulfuré, on retrouve 10 atomes, et l'hépar de chaux au *maximum* est également composé de $\dot{\dot{C}}a\,H^4\,S^{10}$.

On ne peut, en général, préparer par la voie humide que deux combinaisons déterminées, l'une avec 10 atomes de soufre, et l'autre avec 4. On obtient cette dernière avec le potassium et le sodium, en laissant l'hydrosulfure neutre à l'air, jusqu'à ce que la moitié de son hydrogène se soit oxidée pour se convertir en eau, moyennant quoi il se forme du $\dot{\dot{K}}\,H^4\,S^4$. On peut obtenir cette combinaison avec la chaux et la strontiane, comme MM. Herschel et Gay-Lussac l'ont prouvé, en faisant bouillir la terre avec le soufre, et laissant refroidir la dissolution; alors cette combinaison se cristallise. Les degrés intermédiaires ne s'obtiennent que par des mé-

langes en proportions déterminées par le calcul et le poids.

On peut se représenter de deux manières la nature de ces dissolutions, et il est impossible, quant à présent, de décider quelle est la plus juste : 1° ou l'eau est décomposée par le soufre lorsque le corps combustible est dissous par l'alcali, ou elle l'est par le radical de l'alcali lorsque le sulfure métallique est traité par l'eau ; 2° ou bien le sulfure métallique se dissout dans l'eau sans en être altéré, et l'hydrogène sulfuré, que les acides chassent des dissolutions, ne se forme qu'à l'instant où le potassium s'oxide à l'aide de l'acide.

Dans la première hypothèse, l'hépar est une combinaison de potasse et d'hydrogène sulfuré ; mais alors ce dernier corps ne peut pas être regardé comme unique dans son genre. Il doit y avoir autant de degrés de sulfuration pour l'hydrogène que pour le potassium, c'est-à-dire, si nous exceptons les nombres impairs 7 et 9 des expériences précédentes, il faut qu'il y ait des combinaisons de 2 atomes d'hydrogène avec 1, 2, 3, 4 et 5 atomes de soufre, toutes formant des sels particuliers. Il est évident que les dénominations d'*hydro-sulfates* et d'*hypo-hydro-sulfates* ne sont plus convenables. Il serait plus juste d'appeler ces différentes combinaisons *hydro-sulfures*, *hydro-bi-sulfures*, *hydro-tri*, *quatri* et *per-sulfures*.

J'ai fait en vain plusieurs tentatives pour obtenir les combinaisons avec l'hydrogène à l'état isolé : elles se divisent toujours en gaz hydrogène sulfuré et en un composé huileux. De même que le peroxide d'hydrogène, ce composé ne peut pas exister s'il ne nage pas dans un

acide, et alors même il ne subsiste que pendant peu d'heures s'il n'est point conservé sous une forte pression. Dans les expériences que j'ai faites pour mieux connaître la nature de ce corps, j'ai trouvé que la meilleure manière de l'obtenir est de verser de l'hépar saturé (KS^{10}), en très-petites portions à la fois, dans un mélange tiède d'acide muriatique et d'eau. L'acide ne doit être ni trop étendu ni trop concentré. La chaleur, loin de contribuer à la décomposition, fait que la masse séparée reste en gouttes; et quoiqu'il se dégage un peu d'hydrogène sulfuré et qu'il se dépose du soufre dans la solution, néanmoins la plus grande partie consiste dans cette huile, qui a une couleur jaunâtre, et qui, lorsque l'expérience réussit bien, est presque claire (1). Cette huile, chauffée ensuite dans l'acide, laisse bien échapper un peu de gaz hydrogène sulfuré; mais elle ne se décompose qu'en très-petite quantité, avant que l'eau commence à bouillir, et alors la vapeur aqueuse entraîne peu à peu le gaz hydrogène sulfuré. Recueillie sur un filtre, elle présente une substance huileuse, peu liquide, qui ne se fige entièrement qu'au bout de quelques jours, qui a une odeur particulière, désagréable, tout-à-fait différente de celle du gaz hydrogène sulfuré, et qui, lorsqu'elle est chauf-

(1) J'ai essayé de la préparer en mêlant de l'hépar dissous dans l'alcool avec un mélange d'acide muriatique et d'alcool. Il n'y eut aucune effervescence; mais le précipité ne contenait pas d'hydrogène, et la liqueur spiritueuse était une dissolution concentrée de gaz hydrogène sulfuré dans l'alcool. Il semble donc que c'est la solubilité de ce gaz dans l'eau qui contribue à la décomposition.

fée, excite une sensation piquante dans le nez et les yeux, à-peu-près comme le cyanogène, mais à un bien moindre degré. Les mêmes effets sont produits par les vapeurs de la liqueur acide avec laquelle on fait bouillir la substance huileuse : si on les reçoit sur un corps froid, les gouttes deviennent laiteuses par l'action du soufre, et les effets se manifestent surtout après que le gaz hydrogène sulfuré libre s'est évaporé de la liqueur.

On ne peut pas déterminer avec certitude la composition de ce corps. Les phénomènes de sa préparation montrent qu'il contient, au moment de sa formation, pour le moins 5 atomes de soufre pour 2 atomes d'hydrogène ; mais qu'il éprouve ensuite, par la perte de l'hydrogène sulfuré, un changement dans les proportions de ses parties constituantes. Il ressemble au peroxide d'hydrogène en ce point que, mis en contact avec l'eau, il se résout peu à peu en hydrogène sulfuré et en soufre libre ; et traité à froid par un alcali, il se fige presque à l'instant ; l'alcali s'empare de l'hydrogène sulfuré et laisse le soufre. Il est remarquable que la combinaison de soufre et d'hydrogène qui se trouve dans l'hépar au *maximum*, ou qui s'y forme, consiste en $2\,H + 5\,S$, et qu'elle est par conséquent semblable à la composition de l'acide nitrique $2\,Az + 5\,O$, et peut-être aussi à celle des acides arsénique et phosphorique.

Si nous admettons, d'une autre part, que les sulfures alcalins soient dissous dans l'eau sans se décomposer, il s'ensuit qu'il n'existe pas de semblables hydro-sulfures ; les combinaisons d'hydrogène et de soufre en tant de proportions ne sont plus absolument nécessaires ; mais un acide mis en contact avec l'hépar produit sur

le sulfure de potassium le même effet que, par exemple, sur le sulfure de fer, et l'hydrogène sulfuré ne se forme que dans cet instant. Tel est aussi l'effet de l'acide sur l'hépar sec, et il est, quant à son résultat, entièrement semblable à celui qu'il produit sur l'hépar dissous. Il nous reste donc à examiner si une pareille opinion a quelque vraisemblance.

J'ai démontré, dans un Mémoire précédent (1), qu'il est pour le moins très-vraisemblable que le double cyanure de fer et de potassium, le sulfo-cyanure de potassium, etc., se dissolvent dans l'eau sans la décomposer, et s'y déposent sous forme de cristaux sans que le potassium se soit oxidé, et sans que le cyanogène ou le cyanogène sulfuré se soient combinés avec l'hydrogène pour former des acides. Si la combinaison du potassium avec un corps combustible présente ce phénomène, il n'est pas impossible qu'un autre composé soit dans le même cas; mais cela peut être possible sans avoir lieu effectivement.

De l'eau bouillante versée sur du sulfure de calcium n'en dissout qu'une très-petite quantité; ce qui est insoluble ne change ni de couleur ni de composition. J'ai conservé, pendant des mois entiers, du sulfure de calcium dans un flacon bouché, rempli d'eau, sans que cette substance ait été décomposée. Si donc elle l'était réellement par l'eau, il semble que cette décomposition devrait avoir lieu, quand même l'hydro-sulfure de chaux qui se forme serait peu soluble dans l'eau, d'autant plus que, par

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm*, année 1819, 2e partie, page 261.

exemple, le barium, le calcium, le manganèse, etc. décomposent l'eau, et en dégagent l'hydrogène, quoique l'oxide qui se forme en même temps n'y soit pas soluble. La solution de sulfure de calcium que l'on obtient est incolore. Evaporée dans le vide sur l'acide sulfurique, elle dépose sur les parois du vase des cristaux blancs feuilletés qui, légèrement chauffés, cèdent leur eau, et repassent à l'état de sulfure de calcium, comme un sel avec de l'eau de cristallisation, ou comme des cyanures doubles de fer avec le potassium, la baryte ou la chaux. Il est donc, pour le moins, aussi vraisemblable que le sulfure de calcium se dissout dans l'eau sans éprouver d'altération, et peut se combiner avec de l'eau de cristallisation, qu'il l'est que ce sulfure soit décomposé par l'eau en un hydro-sulfure.

Quant au sulfure de potassium, il paraît se comporter différemment; car ce composé est déliquescent : on ne peut donc en rien conclure. Toutefois, pour approcher, dans ce cas aussi, un peu plus de la vérité, je fis fondre de l'hydrate de potasse dans une petite cornue sur l'esprit-de-vin, et j'y mis du soufre en petites doses. A chaque morceau de soufre introduit, la matière bouillonnait par l'effet de la chaleur de la combinaison; il se formait des vapeurs aqueuses; le sel prit une couleur jaunâtre, et il se sépara une matière blanche caséiforme, qui monta à la surface du liquide où elle surnagea, et qui fut portée par l'ébullition encore plus haut sur la paroi du verre. L'opération fut interrompue lorsqu'il restait encore de l'hydrate de potasse en grand excès. La matière blanche qui s'était séparée fut aisément dissoute dans l'eau et ne se colora pas. La solution fut précipitée

par le muriate de baryte ; mais le précipité fut dissous par l'acide muriatique, et, au bout d'un instant, la liqueur fut rendue laiteuse par le soufre, en même temps qu'il se dégagea de l'acide sulfureux. Le composé de potasse, refroidi, était d'un rouge de cinabre pâle, et fut dissous dans l'eau sans se colorer. Ici, il s'était donc formé non de l'hydro-sulfure de potasse qui est incolore, mais du sulfure de potassium au *minimum* $K S^2$, qui est rouge, et qui par conséquent peut être fondu avec l'hydrate de potasse, comme nous avons vu qu'il peut l'être avec le sulfate de potasse. Mais si, à cette haute température et lorsque l'eau est prête à s'évaporer par conséquent dans un état presque isolé, ce n'est pas le liquide, mais la potasse qui est décomposée, s'il se forme un hyposulfite et un métal sulfuré, pourquoi cela aurait-il lieu plutôt à une température plus basse où l'eau, moins près de sa décomposition, a une plus grande affinité pour les matières dissoutes? Mais si le sulfure de potassium peut être mêlé avec d'autres corps oxidés, s'il peut les dissoudre ou en être dissous, comme, par exemple, l'hydrate de potasse, le sulfate et le carbonate de potasse (1), ce dont nous avons vu précédemment des exemples décisifs, pourquoi n'admettrait-on pas aussi qu'il peut se mêler avec l'eau et s'y dissoudre? Toutefois, en admettant ce fait, il s'ensuivra que la série de combinaisons entre l'hydrogène et le soufre, dont nous avons parlé, est possible; mais il n'en résultera pas nécessairement que

---

(1) On sait que l'hépar peut être fondu avec le borax, avec le verre, et, à un certain degré, avec le sel de phosphore, auquel il communique sa couleur.

l'hydrogène peut s'unir au soufre en autant de proportions que le potassium. En tout cas, la formation de l'hydrogène sulfuré est due ici à l'action des acides; de même que, par exemple, l'acide hydro-cyanique sulfuré, quoiqu'il soit un acide bien caractérisé, mis en contact avec la potasse, est détruit à l'instant, et donne naissance à un sulfo-cyanure de potassium, mais se forme de nouveau lorsqu'on y ajoute un acide. D'autre part, nous avons les combinaisons correspondantes d'ammoniaque avec ces différentes quantités de soufre et avec l'hydrogène, où, après la soustraction de l'ammoniaque, il reste les divers sulfures d'hydrogène. Mais si l'ammoniaque n'est pas un oxide, et si le métal qu'elle dépose sur le mercure au pole négatif de la pile électrique est composé de $Az + 4H$, les différens degrés de sulfuration de l'ammoniaque doivent aussi être considérés comme des dissolutions d'un sulfure métallique, mais d'un sulfure à radical composé. En un mot, plus on examine cette matière, et plus on trouve de difficulté à accorder une préférence marquée à l'une des deux explications, et il vaut peut-être mieux, pour le présent, se borner à les étudier toutes deux.

Il est très-probable que la plupart des corps peuvent se combiner entre eux, en un nombre égal de proportions; par exemple, que les métaux ont un nombre égal d'oxides et de sulfures, mais que nous n'en connaissons que très-peu parce que nous n'avons pas trouvé le moyen de produire les combinaisons qui se détruisent le plus aisément, soit par la faiblesse des affinités ou par la construction mécanique de l'atome composé. L'étude des propriétés de l'hépar confirme cette idée. Plusieurs métaux

ne nous ont donné jusqu'à présent qu'un seul sulfure, par exemple, le plomb et l'argent; mais avec l'hépar, nous pouvons précipiter ces métaux de leurs dissolutions neutres, combinés avec le même nombre d'atomes de soufre que la potasse en contient. C'est ainsi, par exemple, que le plomb se précipite avec 10 atomes de soufre en un beau rouge sanguin; mais cette combinaison ne subsiste que peu d'instans, et se convertit bientôt en un mélange de sulfure ordinaire avec du soufre. Les per-sulfures d'autres métaux se conservent mieux; par exemple, celui du cuivre, qui a une couleur de foie, et n'est altéré ni par l'air ni par le contact de l'eau bouillante. Il serait très-intéressant de connaître les sulfures supérieurs produits de cette manière, et la différence qui existe entre les sulfures de divers degrés. J'ai précipité des sels de cuivre par KS^4, KS^6 et KS^{10}; mais tous les précipités ont été parfaitement semblables par la couleur, et se sont dissous dans le carbonate de potasse avec une couleur jaune-brunâtre.

On pourrait conclure avec certitude des expériences que je viens de rapporter, que le soufre ne peut pas se combiner avec un corps oxidé, et que par conséquent il n'existe pas d'alcalis sulfurés; mais que lorsqu'une base salifiable prend du soufre par la voie sèche, sa réduction s'opère en partie, et il se forme un sulfate et un sulfure métallique. Par la voie humide, ou la même réduction a lieu, ou bien l'eau est décomposée, et une partie de la base s'unit à un composé de soufre et d'hydrogène; tandis que l'autre partie se combine avec l'acide hypo-sulfureux qui est produit en même temps.

V. *Des Combinaisons des sulfures métalliques avec les alcalis.*

Les résultats que je viens d'exposer répandent un nouvel intérêt sur les dissolutions des sulfures métalliques dans les alcalis par la voie humide ; car, si le soufre ne peut pas se combiner avec une base salifiable, il s'ensuit qu'un sulfure ne le peut pas non plus. J'ai donc cherché à découvrir la nature de ces dissolutions.

Tous les sulfures métalliques n'étant pas solubles dans les alcalis, il s'agissait, en premier lieu, d'examiner quels sont ceux qui y sont dissous, et ce qui détermine en eux cette propriété. On sait que les sulfures de plomb, d'argent, de cuivre, de fer, de manganèse, etc. sont insolubles dans les alcalis; au lieu que ceux d'arsenic, d'étain et d'or y sont solubles. Les oxides des premiers métaux ne sont pas dissous par l'hydrate de potasse; ceux des seconds, au contraire, y sont solubles; mais si la solubilité du sulfure ne dépendait que de la solubilité de l'oxide métallique, le sulfure de zinc devrait aussi se dissoudre dans l'hydrate de potasse, et le sulfure de cuivre dans l'ammoniaque; ce qui toutefois n'a pas lieu. Il doit donc y avoir encore un autre point de contraste entre les sulfures solubles et ceux qui ne le sont pas : il réside dans la propriété électro-négative de l'oxide métallique, ou sa qualité d'acide plus ou moins fort. Ainsi j'examinai les sulfures métalliques de la classe électro-négative, et je trouvai que ceux d'arsenic, de tungstène, de molybdène, d'antimoine, etc. sont tous solubles dans les alcalis caustiques, et qu'à l'exception du sulfure d'antimoine et de titane, ils en sont tous pré-

cipités par les acides, sans dégagement d'hydrogène sul-furé, comme s'ils n'avaient éprouvé aucune altération en se dissolvant. L'hépar préparé par la voie humide, étant décomposé par les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré, il est clair que l'acide hypo sulfureux et l'hydrogène sulfuré ne se décomposent pas l'un l'autre, ou du moins pas complètement. Il s'ensuit donc que si, lors de la dissolution de ces sulfures métalliques dans les alcalis, il se forme un oxide ou un acide et de l'hydrogène sulfuré, cet acide ou cet oxide est de telle nature qu'il doit être complètement décomposé par l'hydrogène sulfuré, et que par conséquent il ne se forme pas d'acide hypo-sulfureux; mais comme c'est le métal et non le soufre qui s'oxide, il s'agit encore de savoir si la dissolution est un mélange d'un sel métallique avec un hydro-sulfure, ou si elle contient aussi quelque portion de sulfure métallique non oxidé, comme on a sujet de le croire d'après la teinte quelquefois foncée de ces dissolutions.

Nous n'avons pas moins de quatre différentes manières de préparer les dissolutions de sulfures métalliques: 1° en faisant dissoudre le sulfure dans les alcalis caustiques; 2° en le faisant dissoudre dans les hydro-sulfures ou dans les hydro-sulfures alcalins; 3° en faisant dissoudre l'oxide métallique dans un hydro-sulfure alcalin; et 4° en fondant le sulfure métallique avec le sous-carbonate de potasse, et faisant dissoudre dans l'eau la masse fondue.

Pour étudier ces phénomènes, j'ai choisi principalement le sulfure d'arsenic AsS^3, à raison de sa solubilité.

1°. *Sulfure d'arsenic*, $As\,S^3$. Si l'on met du sulfure d'arsenic réduit en poudre dans une dissolution d'hydro-sulfure de potasse ($\ddot{K} + 4\,H^2\,S$) concentrée au point de pouvoir se cristalliser, il se dissout à l'instant avec un dégagement d'hydrogène sulfuré presque aussi violent que si l'on y avait versé un acide. J'ajoutai du sulfure d'arsenic tant qu'il se manifesta de l'effervescence, et lorsqu'elle eut entièrement cessé, je laissai le liquide pendant un moment en contact avec un petit excès de sulfure d'arsenic, sans cependant le chauffer ; ensuite je le passai au filtre. Il était clair ; je le sur-saturai d'acide muriatique, qui produisit un précipité abondant de sulfure d'arsenic et un dégagement d'hydrogène sulfuré. La solution fut bouillie pour en chasser ce gaz, et puis passée au filtre. Le précipité, lavé et séché, pesait 2,965 ; il fut dissous, sans résidu, par l'ammoniaque caustique. La liqueur et l'eau de lavage, évaporées à siccité, donnèrent 1,795 gr. de muriate de potasse calciné. Or, 179,5 : 296,5 :: 186,5 (poids du $\ddot{K}\,\ddot{M}^2$) : 308,06, et deux atomes de $As\,S^3$ pèsent 308,85.

Cette seule expérience résout déjà le point principal du problême. Un atome d'hydro-sulfure neutre de potasse se combine, en laissant dégager la moitié de son hydrogène sulfuré, avec 2 atomes de $As\,S^3$, c'est-à-dire, avec 6 atomes de soufre et 2 d'arsenic. La combinaison est donc, si l'on y considère le radical à l'état d'oxide, $\ddot{K} + 2\,H^2\,As\,S^4$, et si le radical y est à l'état de sulfure, $K\,S^2 + 2\,As\,S^3$. Dans le premier cas, il faut supposer l'existence d'un acide particulier, composé d'un atome d'arsenic, de 4 atomes de soufre et de 2 d'hydro-

gène, c'est-à-dire, d'un double sulfure d'hydrogène et d'arsenic, composé de $H^2S + AsS^3$.

Il est probable qu'il existe de pareils acides, ou plutôt de semblables doubles sulfures avec de l'hydrogène, attendu que toute dissolution métallique et hépatique a une odeur particulière qui pourrait être attribuée à cette combinaison. Mais quelque opinion qu'on adopte, on trouve que, dans cette combinaison de sulfure d'arsenic avec la potasse, 2 atomes d'arsenic suppléent les 2 atomes de soufre qu'il faudrait pour former KS^{10}.

En faisant digérer avec du sulfure d'arsenic du sulfure de potassium ou de l'hydro-sulfure de potasse avec excès de base ($\ddot{K}H^4S^2$), on obtient la même dissolution, mais sans aucun dégagement de gaz. Si l'on fait digérer du sulfure de potassium qui recèle de 2 à 10 atomes de soufre, avec du sulfure d'arsenic, celui-ci continue à se dissoudre jusqu'à ce que la liqueur contienne un mélange de KS^{10} et de KAs^2S^8; mais si, au contraire, l'on fait digérer du sulfure d'arsenic avec KS^{10}, il ne s'en dissout point.

Il est donc clair que lorsque le sulfure d'arsenic est dissous par l'hydrate de potasse, il se forme de l'arsénite de potasse et de l'hydro-sulfure de potasse avec excès de base, lequel s'unit à 2 atomes de sulfure d'arsenic. Quoiqu'il ne pût pas être douteux que, dans cette occasion, ce fût l'arsenic seul et non le soufre qui s'oxidât, je voulus cependant vérifier ce fait par la voie de l'expérience. Je précipitai une dissolution saturée de AsS^3 dans l'hydrate de potasse, avec le muriate de zinc (qui forme un sel soluble avec l'acide hypo-sulfu-

reux) ; je filtrai, et je mêlai la dissolution avec de l'acide muriatique qui ne la troubla ni à froid ni à la chaleur de l'ébullition, et qui n'en dégagea pas non plus d'acide sulfureux.

Pour connaître ce qui se passe lorsqu'un oxide métallique électro-négatif (1) est dissous dans un hydro-sulfure alcalin, ce qui fournit une excellente manière de séparer, dans les analyses minérales, l'étain, le molybdène et le tungstène, des bases avec lesquelles leurs oxides peuvent être combinés, je fis dissoudre de l'acide arsénieux dans de l'hydro-sulfure d'ammoniaque neutre. La liqueur, d'abord un peu jaunâtre, devint incolore au bout d'un instant (2), et, après avoir été agitée, elle prit une couleur jaune paille qui ne changea plus. Son odeur hépatique avait considérablement diminué ; mais elle sentait fort l'ammoniaque. Un acide étendu d'eau qui y fut versé y causa un précipité, lequel fut aussitôt redissous, et qui ne devint insoluble qu'après l'addition d'une grande quantité d'acide : à cette époque, il se dégagea, pendant la précipitation, de l'hydrogène sulfuré.

Il est facile d'expliquer ce qui se passe dans cette opération. La composition du sulfure alcalin neutre peut être exprimée par $\ddot{R}H^8S^4$, R représentant le ra-

---

(1) Parmi les oxides, ceux de chrôme, de titane et de tantale sont insolubles dans l'hydro-sulfure de potasse.

(2) Ce changement semble provenir de ce qu'une petite portion d'acide arsénieux s'oxide aux dépens de l'eau, et passe à l'état d'acide, favorisé par la tendance qu'a le soufre libre, dans la dissolution, à se combiner avec l'hydrogène.

dial de l'alcali. Un atome d'acide arsénieux $\dddot{As}$ a besoin de 6 atomes d'hydrogène pour être réduit à l'état métallique ; il reste donc $\ddot{R}H^2 As S^4$: mais pour saturer exactement l'alcali, il faut, comme nous l'avons vu par les expériences précédentes, $2 H^2 As S^4$; ainsi, ou la moitié de la base sera libre, ou il se formera un sel avec excès de base, qui permettra d'ajouter la quantité d'acide nécessaire pour saturer la moitié de la base avant qu'il se forme un précipité ; mais dès que l'acide commence à saturer aussi l'autre moitié de la base, l'hydrogène sulfuré se sépare à l'état gazeux, et le sulfure d'arsenic se dépose.

Si l'on veut examiner ce qui se passe, en pareil cas, dans une dissolution d'acide arsénieux, dans l'hydrosulfure de potasse, on trouvera d'autres rapports qui cacheront le véritable état de la chose. Au moment où le mélange a lieu, la liqueur prend une odeur de lessive qui toutefois disparaît sur-le-champ ; on n'observe point qu'aucune portion de la base soit mise en liberté, et lorsqu'on y verse un acide, il se précipite du $As S^3$ sans aucun dégagement de gaz. C'est que la potasse, devenue libre, se sature d'acide arsénieux, ce qui n'est pas le cas avec l'ammoniaque, ayant si peu d'affinité pour le même acide que celui-ci se cristallise en grande partie dans une dissolution ammoniacale bouillante, sans que les cristaux contiennent rien de la base.

La quatrième manière d'obtenir ces combinaisons est de faire fondre un sulfure métallique avec du sous-carbonate de potasse. Lorsque le sulfure d'arsenic est fondu avec un excès de sous-carbonate de potasse, il se sublime

une portion d'arsenic à l'état métallique, et l'on obtient une masse grise qui se dissout dans l'eau en laissant un résidu d'arsenic. La solution est jaune pâle, et contient un peu de sulfate de potasse avec beaucoup d'arséniate de potasse. Les acides en précipitent un sulfure d'arsenic jaune pâle, et dégagent en même temps de l'hydrogène sulfuré. Il se forme alors de nouvelles combinaisons : la principale paraît être celle de l'oxigène de la potasse avec l'arsenic, qui le fait passer à l'état d'acide arsénique; l'arsenic prend alors 2 atomes d'oxigène de plus que le nombre d'atomes de soufre dont il se sépare; mais le potassium qui vient d'être formé enlève la quantité de soufre qui lui manque à une autre portion de sulfure d'arsenic dont l'arsenic se sépare. Lorsque le sous-carbonate de potasse est en excès, il paraît qu'un atome seulement de sulfure d'arsenic peut se combiner avec un atome de sulfure de potassium (KS^2). L'acide arsénique ne pouvant être réduit par l'hydrogène sulfuré, ce gaz doit se dégager lorsqu'on mêle le liquide avec un acide.

Si l'on fait digérer une solution concentrée de sulfure d'arsenic dans un alcali avec du sulfure d'arsenic mis en excès, la couleur jaune de ce dernier devient peu à peu rouge, et il se forme du réalgar, c'est-à-dire, AsS^2. La même chose arrive lorsque la solution a eu lieu dans un hydro-sulfure alcalin, et cela vient par conséquent de ce que KAs^2S^8 dépose peu à peu de l'arsenic, et prend du soufre pour former KS^{10}; ce n'est pas du tout l'effet de la transformation de l'arsénite de potasse en hypo-sulfite; aussi ne peut-on pas, après avoir précipité avec le muriate de zinc, découvrir la moindre trace d'acide hypo-sulfureux. Au contraire, le précipité qu'on

obtient en versant des acides dans la solution devient de plus en plus pâle ; ce qui prouve qu'il se combine toujours avec plus de soufre.

Le réalgar ou $As S^2$ traité par l'hydrate de potasse noircit et se dissout en grande partie, laissant un résidu de matière brune qui, recueilli et chauffé au bout d'un tube barométrique, donne d'abord du sulfure d'arsenic et ensuite de l'arsenic métallique. Le réalgar se décompose donc en $As S^3$ et en un sulfure d'un degré inférieur, lequel n'était pas encore connu. Si la solution alcaline avec laquelle on fait digérer le réalgar est très-concentrée, la matière brune se redissout aussi ; mais dès que l'alcali ne domine plus dans la solution, elle peut être troublée par une addition d'eau : alors le précipité a une couleur brune-jaunâtre sale. La solution, traité par les acides, donne un précipité beaucoup plus rouge que $As S^3$, mais cependant moins que le réalgar ; en sorte qu'il paraît exister une combinaison qui peut être exprimée par $\ddot{K} H^4 As S^4$ ou par $K S^2 + As S^2$, quoique les affinités dont elle dépend soient si faibles que $As S^2$ ne peut pas se dissoudre dans une solution d'hydrosulfure de potasse neutre, et qu'ainsi le réalgar ne peut pas expulser le gaz hydrogène sulfuré, du moins par la voie humide.

La combinaison du potassium avec l'arsenic et le soufre est peu soluble dans l'alcool. Lorsqu'on la prépare avec une solution d'hydrate de potasse dans l'alcool, la nouvelle combinaison forme une liqueur épaisse où l'alcool surnage sans en contenir qu'une très-petite partie.

Les terres alcalines se combinent aussi avec l'arsenic

et le soufre, dans les mêmes proportions que la potasse; mais ces combinaisons sont peu solubles, et se déposent par conséquent lorsqu'on les produit en mêlant des solutions concentrées; ce qui n'a pas lieu quand le liquide a été d'avance étendu d'eau.

Si l'on mêle une solution saturée de sulfure d'arsenic dans l'hydrate de potasse avec de l'hydrate de cuivre, celui-ci se colore en brun rougeâtre, à-peu-près comme le CuS^{10}, et si l'on y ajoute de l'hydrate de cuivre jusqu'à ce que sa couleur ne soit plus changée par le liquide, on obtient une solution d'un rouge orange foncé qui, mêlée de quelques gouttes d'acide muriatique, donne un précipité brun clair. Le liquide filtré est incolore et contient de l'acide arsénieux, dissous dans l'acide muriatique, ainsi que du muriate de potasse. Si l'on fait bouillir la solution arsénicale avec un excès d'oxide de cuivre, soit à l'état d'hydrate, soit à l'état calciné, elle devient aussi incolore; elle contient alors non de l'acide arsénieux, mais de l'acide arsénique qui s'est formé aux dépens de l'oxide de cuivre.

Les précipités que les sels neutres terreux ou métalliques produisent dans la dissolution alcaline saturée de sulfure d'arsenic sont naturellement des combinaisons du métal avec le soufre et l'arsenic, dans la même proportion, relativement à l'oxigène de la base, que celle qui a lieu dans leurs combinaisons avec le potassium, c'est-à-dire, R signifiant le radical, et l'oxide contenant 2 atomes d'oxigène, $RS^2 + 2 AsS^3$; ou, si l'oxide en contient 3 atomes, $RS^3 + 3 AsS^3$. Toute cette série de combinaisons qui n'ont pas encore été examinées pourraient être désignées sous le nom d'*arsénio-sulfures*,

s'il n'était pas trop général; attendu que les bases peuvent se combiner avec l'arsenic et le soufre dans plusieurs autres proportions, dont nous avons des exemples dans le fer arsénical, le cobalt gris et le nickel arsénical, où un atome du radical électro-positif est combiné avec 1 atome d'arsenic et 2 de soufre, $R\,As\,S^2$, ou, ce qui revient au même, $R\,As^2 + Rs^4$, ou encore $RS + As\,S$. Mais alors même que des oxides métalliques libres décomposent ces solutions, il se forme d'autres combinaisons. Qu'on emploie, par exemple, l'hydrate de cuivre? il en résultera la combinaison insoluble $As\,S^3 + 6\,Cu\,S^2$, et la combinaison soluble qui est précipitée par l'acide muriatique sera $2\,As\,S^3 + 3\,Cu\,S^4$. Lorsqu'une solution de muriate d'argent dans l'hydrate d'ammoniaque est mêlée à une solution de potasse, saturée de sulfure d'arsenic, il en résulte, pourvu que celle-ci soit en excès, un précipité jaune foncé qui est $As\,S^3 + 6\,Ag\,S^2$ (1). Si l'on met, au contraire, un excès du sel d'argent, le précipité, supposé que l'excès soit suffisant, ne consistera qu'en sulfure d'argent.

---

(1) Ces combinaisons de métaux ont été analysées de cette manière : après leur dissolution dans l'eau régale, la quantité d'acide sulfurique a été déterminée par le muriate de baryte. L'excès de baryte a été précipité de la solution par l'acide sulfurique, puis le cuivre l'a été par l'hydrate de potasse, et enfin l'acide arsénique par le nitrate de fer, avec les précautions requises en pareil cas. Dans l'analyse de la combinaison d'argent, j'obtins d'abord du muriate d'argent, ensuite je précipitai l'acide sulfurique par la baryte, et finalement l'acide arsénique par l'oxide de fer.

Ces sulfures d'arsenic, diversement composés, méritent d'autant plus notre attention qu'on peut les rencontrer dans le règne minéral.

2. *Sulfure d'étain.* Le sulfure d'étain au *maximum*, préparé par la voie humide, fut dissous dans l'hydro-sulfure de potasse jusqu'à saturation, ou tant qu'une addition de sulfure métallique produisit quelque effervescence ou dégagement de gaz hydrogène sulfuré. La solution, passée au filtre, fut précipitée par l'acide muriatique mis en excès, et donna 2,12 gr. de sulfure d'étain avec 1,63 gr. de muriate de potasse; mais 1,63 : 2,12 :: 186,5 (poids d'un atome de muriate de potasse) : 236,25; et un atome d'étain sulfuré au *maximum* pèse 227,3. Cette petite différence provient de ce que le sulfure d'étain, préparé par la voie humide, retient une certaine quantité d'eau qui n'en peut être séparée qu'au moment où l'excès de soufre se volatilise, et qui alors se dégage avec une violente décrépitation : ce qui arriva aussi dans le cas présent.

Dans cette expérience, un atome de sulfure de potassium s'était donc combiné avec un atome de sulfure d'étain, $KS^2 + SnS^4$. Mais si, dans mon évaluation du poids de l'atome d'étain, il était apprécié le double de ce qu'il est en effet, il s'ensuivrait que la combinaison serait $KS^2 + 2\,SnS^2$, et par conséquent l'analogie avec la combinaison dont j'ai parlé serait encore plus grande; mais comme l'arsenic prend 3 atomes de soufre, une pareille analogie est peu concluante, et ce rapport est insuffisant pour qu'on puisse en rien conclure relativement au poids de l'atome d'étain.

Le deuto-sulfure d'étain ou or mussif préparé par la

voie sèche se dissout aussi dans l'hydro-sulfure de potasse, mais plus lentement; et pour saturer la solution, il faut la faire bouillir : quant au sulfure d'étain au *minimum*, il y est insoluble.

L'or mussif se dissout aisément, à l'aide de la chaleur, dans l'hydrate de potasse; la solution est jaune pâle. Essaie-t-on de précipiter le sulfure d'étain par l'hydrate de cuivre? une grande partie de la combinaison reste dissoute dans le liquide. La solution de l'or mussif dans la potasse peut être désignée par $\dot{K}\ddot{S}n + 2 K Sn S^6$. Fait-on digérer une solution saturée de ce deuto-sulfure avec du sulfure d'étain au *maximum*, préparé par la voie humide? ce dernier est réduit au degré intermédiaire de sulfuration, et devient brun couleur de foie. Que l'on décante la liqueur, et que l'on verse de l'hydrate de potasse sur ce sulfure brun, il deviendra noir à l'instant, et sera réduit à l'état de sulfure d'étain au *minimum*.

La combinaison de l'hydro-sulfure de potasse avec le sulfure d'étain est insoluble dans l'alcool, qui la précipite sous forme d'un liquide jaune pâle et épais. Le sulfure d'étain précipite les terres alcalines, et forme avec elles des combinaisons peu solubles dont la composition peut être représentée par $RS^2 + Sn S^4$. Il s'entend que ce sulfure produit aussi avec les sels métalliques neutres des combinaisons proportionnelles. Au moment où elles sont précipitées, elles ressemblent beaucoup à celles que l'on obtient avec le sulfure de potasse au *maximum*. Je n'en ai examiné aucune particulièrement.

3. Le *sulfure de molybdène* et le *sulfure de tungstène* se dissolvent tous deux facilement dans l'hydro-sulfure

de potasse. La solution de molybdène est d'un rouge foncé, celle de tungstène d'un jaune foncé. Leurs acides sont dissous, avec les mêmes teintes, par l'hydro-sulfure de potasse, et les deux métaux à l'état de sulfure, par l'hydrate de potasse. Cependant le molybdène sulfuré natif ne se dissout que très-difficilement dans cet hydrate.

4. Le *sulfure de chrôme* n'est dissous ni par l'hydro-sulfure de potasse ni par l'hydrate de potasse, quelque concentrés qu'ils soient, et le protoxide de chrôme ne l'est pas non plus par l'hydro-sulfure de potasse. Ces déviations semblent provenir de la tendance du protoxide de chrôme à servir de base; car il est très-soluble dans l'hydrate de potasse, quoiqu'il en soit précipité par l'ébullition.

Le sulfure de chrôme dont je me suis servi dans ces expériences avait été obtenu de l'oxide de chrôme réduit dans un tube de porcelaine incandescent, par des vapeurs de sulfure de carbone, et, à l'analyse, sa composition fut trouvée proportionnelle à celle de l'oxide, c'est-à-dire, que le chrôme y était combiné avec 3 atomes de soufre.

5. Le *sulfure de titane* obtenu par la même voie que le précédent est attaqué par l'hydrate de potasse; il se forme du titanate de potasse qui se dépose en poudre blanche, et la solution contient du sous-hydro-sulfure de potasse. Y verse-t-on un acide? il se dégage du gaz hydrogène sulfuré; mais on n'aperçoit aucun indice qu'il se soit de nouveau formé du sulfure de titane, et il ne se précipite ni soufre ni oxide de titane.

On a cru long-temps qu'on pourrait obtenir du sulfure de titane en faisant fondre l'oxide avec de l'hépar,

parce que leur solution dans l'eau est verte; mais elle ne contient point de sulfure de titane, et la couleur du liquide provient du fer.

6. L'*or*, le *platine* et le *rhodium sulfurés*, préparés par la voie humide, c'est-à-dire, précipités par l'hydrogène sulfuré, se dissolvent aussi dans l'hydro-sulfure de potasse, avec les mêmes phénomènes que les précédens. Mais traités par l'hydrate de potasse, ils présentent cette différence, qu'une portion du soufre passe à l'état d'acide hypo-sulfureux, moyennant quoi il se forme du sulfure de potassium qui se combine avec le métal sulfuré, dont une portion se trouve alors décomposée, et montre le métal à nu.

(*La suite au Cahier prochain*).

MÉMOIRE

Sur de nouveaux Phénomènes de production de chaleur.

Par M. Pouillet.

Des recherches sur le développement de l'électricité et sur les rapports qui existent entre les propriétés électriques d'un corps et celles de ses élémens, m'ont conduit à examiner les composés dont l'eau fait partie, soit qu'elle y entre comme élément essentiel et en proportion fixe, soit qu'elle y entre accidentellement et en proportion indéfinie. Cet examen m'a présenté quelques phéno-

mènes de chaleur qui m'ont paru dignes d'attention. En suivant leurs développemens aussi loin qu'ils ont pu me conduire, je suis parvenu à des conséquences générales qui me semblent assez importantes en elles-mêmes, et indépendamment des liaisons qu'elles peuvent avoir avec les phénomènes électriques, pour que je m'empresse de les soumettre au jugement de l'Académie.

De nombreuses expériences faites sur des corps simples, sur des oxides et sur des corps plus composés, comme le verre, la porcelaine et l'argile, me conduisent à une proposition générale qui peut être énoncée de la manière suivante :

A l'instant où un liquide mouille un solide, il y a dégagement de chaleur.

L'action de mouiller s'exerce et se présente à nous dans une foule de phénomènes : l'eau qui tombe sur le sol en mouille la surface et toutes les premières couches, quelle que soit leur nature chimique ; l'eau qui touche les substances végétales ou les tissus des corps vivans les mouille aussi et les pénètre jusque dans leurs dernières fibres. Dans le règne organique, où d'autres liquides sont produits et amenés en contact avec différentes parties du végétal ou de l'animal, l'action de mouiller s'exerce encore entre ces liquides et les parois qu'ils touchent, soit qu'ils doivent simplement passer contre elles, soit qu'ils doivent les imbiber et les traverser par l'exhalation ou l'absorption. Ces derniers phénomènes paraissant très-compliqués, il convient de les mettre à part pour un moment, et de n'examiner d'abord l'action de mouiller que quand elle s'exerce sur des solides qui ne peuvent

être ni altérés dans leur constitution ni modifiés dans leurs propriétés.

Dans ce cas, qui est le plus simple, l'action dont il s'agit est encore très-féconde en résultats ; car elle fait monter les liquides dans les tubes d'un petit diamètre, et devient comme la source de tous les effets capillaires. L'auteur de la mécanique céleste, qui a fait connaître aux physiciens les lois générales de ces phénomènes, et la vraie cause qui les produit, a pareillement marqué les conditions sous lesquelles cette cause agit, et les circonstances dans lesquelles elle produit l'ascension ou la dépression du liquide. Il y a élévation quand le tube se mouille, et il se mouille quand son action sur le liquide est plus grande que celle que ce liquide exerce sur lui-même. C'est en prenant d'abord l'action de mouiller dans ce sens précis, que je me propose de démontrer qu'elle est toujours accompagnée d'un dégagement de chaleur. On peut prévoir d'avance que, dans ce genre de phénomène, la quantité de calorique qui se dégage n'est jamais très-grande puisqu'elle a jusqu'ici échappé à l'observation ; mais heureusement ce n'est pas sa grandeur qui fait son importance. En physique, tous les effets sont grands quand on peut les déterminer avec précision et les généraliser avec certitude ; car les causes naturelles les plus imposantes et les plus grandes ne sont pas celles qui agitent la matière avec le plus de violence, mais celles qui agissent sur elle de la manière la plus constante et la plus universelle. Ainsi, quelque faibles que m'aient paru les phénomènes de chaleur dont il s'agit, quand ils se sont montrés pour la première fois, j'ai pensé qu'ils seraient de quelque intérêt pour la science, et j'ai essayé

de les reproduire et de les mesurer avec toute l'exactitude qu'ils comportent.

Les thermomètres ordinaires, assez sensibles en général pour constater le fait du dégagement de chaleur, ne le sont pas assez pour en donner la mesure; cependant, après avoir essayé des instrumens plus délicats comme le thermoscope de Leslie, celui de Rumford, et un autre qui n'était qu'un manomètre extrêmement petit où l'air était remplacé par la vapeur d'un liquide très-volatil, je suis revenu aux thermomètres à mercure, que je fais construire de la manière suivante: Le réservoir est un cylindre de 4 à 5 centimètres de longueur et de 1 à 2 centimètres de diamètre; la tige a 3 ou 4 décimètres de longueur, et son diamètre intérieur est si fin que la colonne de mercure est à peine visible quand on la regarde comme à l'ordinaire. Pour la bien voir, il faut placer entre elle et la lumière un corps blanc translucide sur lequel elle se projette, par exemple, une lame d'ivoire ou une bande de papier; alors on la voit parfaitement; et si sur l'ivoire ou le papier on trace des divisions égales dont la longueur dépasse un peu la largeur du tube, il est facile de voir sans erreur de parallaxe la division à laquelle répond le sommet de la colonne; car la partie de cette division qui dépasse le tube est vue directement, et celle qui est derrière lui est vue par réfraction à travers son épaisseur. Or, quand les deux parties sont en ligne droite, il est clair que l'œil est dans le plan perpendiculaire au tube. Sur ces instrumens, un degré centigrade occupe environ 30 millimètres; j'en ai même où il en occupe jusqu'à 50; ainsi il est facile d'apprécier les centièmes de degré.

Après avoir donné aux thermomètres toute l'étendue de course et toute la précision que je pouvais souhaiter, il restait à reconnaître les causes qui ont le plus d'influence sur l'intensité du calorique qui se dégage, afin de les augmenter autant que possible, et de rendre par là mes observations moins imparfaites.

Or, quand on mouille une lame de verre avec de l'eau, le calorique qui est produit à la surface de contact se communique, d'une part, aux parties intérieures du verre qui ne sont pas mouillées, et de l'autre, aux parties de l'eau qui sont loin du contact et qui ne mouillent pas; ainsi ce calorique s'affaiblit en se partageant à toute la masse du solide et du liquide. On parviendra donc à le rendre plus sensible en diminuant le nombre de ces molécules superflues qui ne se réchauffent qu'aux dépens des autres, et en augmentant, au contraire, le nombre de celles qui doivent se toucher et dégager de la chaleur. Par exemple, si, sans changer la masse d'un corps, on lui donne une surface cent fois plus grande, il dégagera, en se mouillant, cent fois plus de chaleur, et l'effet total serait centuplé si la quantité de liquide restait la même; mais comme elle augmente en raison de la surface qu'elle doit mouiller, l'effet n'est pas centuplé, il est seulement agrandi, et d'autant plus que la masse liquide est plus petite à l'égard du solide : c'est ce que l'expérience démontre; qu'on mouille des fragmens de verre un peu gros, il est impossible d'y reconnaître la moindre élévation de température; que l'on mouille, au contraire, du verre soufflé à la lampe et réduit en lames très-minces, on aperçoit bientôt le thermomètre qui monte d'une quantité très-sensible.

Si, au lieu de réduire le verre en lames très-minces, on le réduit en poussière très-fine, on favorise de la même manière l'action capillaire, et on retrouve aussi le même fait de dégagement de chaleur.

C'est ce dernier moyen que j'ai employé pour le verre et pour tous les autres corps qui ont été soumis à ce genre d'expériences. Je les ai tous pris en poudre ou en limaille la plus fine possible. Mais il y a encore quelques précautions dans le détail desquelles je suis forcé d'entrer.

Premièrement, il faut qu'avant l'expérience le solide et le liquide soient bien exactement à la même température; et pour les amener à ce point, il ne suffit pas de les exposer de la même manière et dans le même lieu, il faut encore que la température de l'air ambiant varie très-peu du jour à la nuit et change très-lentement.

Si la variation est, par exemple, d'un degré par heure, il n'y a pas dans le même lieu deux corps à la même température; ceux qui se ressemblent le plus, qui sont tout voisins, qui ont des volumes égaux et des enveloppes pareilles, présentent des différences très-grandes, qui peuvent même excéder un degré.

Ces résultats n'ont rien d'étonnant quand on songe à la multitude et à la complication des causes qui concourent à les produire; mais ils sont très-gênans quand il s'agit d'expériences délicates dont le succès ne dépend que de la précision. Pour éviter ces causes d'erreur, le meilleur moyen est de choisir un lieu où la température varie très-peu, comme d'un degré ou deux degrés tout au plus dans l'intervalle du jour à la nuit; ou, ce qui est encore mieux, de descendre dans une cave à 20 ou 30 pieds au-dessous du sol; alors tous les objets disposés

de la même manière ont sensiblement la même température, ou du moins les différences sont plus petites que celles qu'on se propose de trouver.

Secondement, si les corps dégagent de la chaleur en se mouillant, ils n'en dégagent plus quand ils sont mouillés d'avance; il faut donc dessécher les poudres, et les tenir dans des flacons fermés pour qu'elles n'absorbent pas l'humidité de l'air; car, comme on le prévoit d'avance, tous les corps qui se mouillent exercent une action hygrométrique.

Troisièmement, on sait que les corps s'échauffent quand on les frotte; il faut donc avoir soin de ne pas agiter le thermomètre dans la poudre sèche quand on en prend la température avant l'expérience, et de ne pas l'agiter non plus quand on a versé le liquide sur la poudre, et qu'on observe la chaleur qui se dégage pendant qu'elle se mouille; mais après s'être assuré de l'égalité de température entre le liquide et la poudre du solide, on peut plonger le thermomètre dans la poudre, le laisser revenir à la température initiale, verser la portion de liquide qui doit être imbibée, et ensuite, sans toucher au thermomètre, observer ses mouvemens.

Quand on a rempli toutes ces conditions, les diverses expériences que l'on fait sur les mêmes corps s'accordent très-bien entre elles, et leur résultat constant, quels que soient le solide et le liquide qu'on emploie, est une élévation de température qui accuse un dégagement de chaleur.

Le thermomètre monte pendant un certain temps qui est pour l'ordinaire de deux à quatre minutes; ensuite il redescend lentement et retombe à la température ambiante.

Je présente ici le tableau des expériences et des résultats (page 160); les corps solides sur lesquels j'ai opéré sont, 1° le fer, le bismuth, l'antimoine et tous les métaux que j'ai pu me procurer en limaille assez fine; 2° les oxides insolubles, comme la silice, l'alumine, la magnésie, les oxides de zinc, de fer, d'étain, etc.; 3° les corps plus composés, comme le verre, la brique, la porcelaine et l'argile. Les liquides qui ont servi à mouiller ces divers solides sont : l'eau distillée, l'huile, l'alcool, l'éther acétique et l'huile essentielle de térébenthine.

On voit, par le résultat de plus de cinquante expériences, que l'élévation de température est à-peu-près la même pour les différens solides avec le même liquide, et pour le même solide avec les liquides différens. Les plus faibles élévations sont de trente à quarante parties de mon thermomètre; ce qui répond à un cinquième ou un quart de degré, et les plus fortes vont à-peu-près à un demi-degré centigrade.

On pourra remarquer que la chaleur que l'huile dégage en mouillant les corps paraît en général un peu moindre que celle qui est dégagée par l'eau, l'alcool et l'éther acétique; ce qui tient peut-être à la viscosité de l'huile, et à la lenteur avec laquelle elle s'imbibe à travers les molécules solides.

Si j'ai mis beaucoup de soin à évaluer jusqu'aux centièmes de degré, ce n'est pas que cette grande exactitude ait, par le fait, toute l'importance qu'on en pouvait attendre; en effet, on pouvait espérer que les différens liquides offriraient quelques différences remarquables dans leurs résultats, et que, pour les différens solides, il

y aurait quelque rapport frappant entre l'intensité de la chaleur qu'ils dégagent, et quelques autres de leurs propriétés connues. On pouvait s'attendre enfin à voir sortir de ces résultats quelque loi remarquable qui mît en évidence la liaison qui existe entre eux et la dépendance où ils sont de quelque phénomène général. Mais ils n'offrent rien de pareil; ils ne présentent aucune régularité, aucune espèce de relation qui ressemble à une loi; et cependant, comme il y a toujours quelque juste conséquence à tirer d'un résultat exact, il faudra conclure ici que les circonstances qui influent sur les mouvemens du thermomètre produisent des effets de même ordre que la cause efficace qui tend à le faire monter. Pour se mettre à l'abri de ces circonstances accidentelles, et pour découvrir une loi dans ces phénomènes, il faudrait avoir un thermomètre qui fût pour ainsi dire un thermomètre moléculaire, et qui pût accuser exactement ce qui se passe au contact même du solide et du liquide; alors la ténuité des fragmens de poudre, la netteté de leur surface, la rapidité avec laquelle elle se mouille, n'auraient plus d'influence et ne pourraient plus masquer les vrais résultats. Un tel degré de précision est bien au-dessus de tous les moyens actuels de la physique, et dans l'impossibilité d'y atteindre; on est réduit à observer des effets définitifs comme ceux que je rapporte dans le tableau. Tels qu'ils sont, ils constatent au moins un fait général qui me semble important en ce qu'il tient, d'une part, aux phénomènes électriques, et, de l'autre, aux phénomènes capillaires.

Pour le moment, je ne me propose pas de développer les conséquences qui touchent l'électricité, elles sont

l'objet d'un prochain Mémoire où je tâcherai de montrer que, comme il y a de la chaleur dégagée entre un solide et un liquide à l'instant où ils se touchent, il y a en général de la chaleur dégagée par le contact des corps; et de résoudre une question qui se présente naturellement, et qui me semble d'un grand intérêt, celle de savoir si ce dégagement de chaleur est passager, ou s'il est permanent comme celui de l'électricité.

Quant aux conséquences qui se rapportent aux phénomènes chimiques, je vais essayer de les suivre avec quelque détail, et pour cela je dois m'appuyer encore sur une autre proposition qui n'est pas moins générale que la première. Cette proposition est la suivante : à l'instant où un solide absorbe un liquide, il y a dégagement de chaleur.

On sait que l'éponge, le bois, l'ivoire et la plupart des corps organisés peuvent se charger et s'imbiber d'une grande quantité d'eau. Toutes les substances végétales en retiennent beaucoup à l'état de vie, et sans doute elles en retiennent des proportions qui varient avec les saisons et les périodes de leurs développemens. Quand elles ont cessé de vivre, elles paraissent n'avoir plus autant de force pour conserver cette eau qui les imbibe; elles la perdent ou la reprennent suivant que le milieu qui les entoure est plus sec ou plus humide. Les substances animales agissent à-peu-près de même sur l'eau, et les autres liquides qui les pénètrent, et les propriétés qu'elles ont d'absorber, ne sont pas les moins efficaces pour faire passer rapidement d'une membrane à l'autre le liquide qui doit les imprégner, et pour maintenir, dans toutes les parties fluides et mobiles de l'économie animale, ce

mouvement continuel dont l'existence est une des conditions les plus essentielles à la vie.

Tels sont, en général, les phénomènes de l'absorption, et c'est dans les phénomènes de cet ordre que je me propose de montrer qu'il y a dégagement de chaleur. Que l'on prenne un tissu organisé quelconque, végétal ou animal, mais qui ne soit plus humide; qu'on le réduise en fragmens s'il est nécessaire pour en prendre la température, et qu'on y verse l'eau dont il peut s'imbiber : à l'instant l'effet se manifeste, et le thermomètre monte d'une quantité sensible. Quand on prend le soin de dessécher d'avance les corps organisés, le phénomène est si frappant que, pour le constater, il n'est plus besoin de recourir à des instrumens particuliers : tous les thermomètres sont bons, car l'élévation est de plusieurs degrés.

J'ai fait sur tous ces corps un grand nombre d'expériences dont je présente ici le tableau (page 162). Les corps qui m'ont servi sont, parmi les substances végétales, le charbon et l'amidon, du bois et des écorces de différentes sortes, des racines de plusieurs plantes, des graines réduites en farine, ou simplement écrasées, ou même conservées entières et pourvues de leurs enveloppes, qui, comme on le sait, servent bien à les protéger contre l'humidité.

Parmi les substances animales, la soie, la laine, l'éponge, des cheveux, et toutes celles qui se trouvent en filamens, la baleine, l'ivoire, la corne, les peaux, les tendons et différentes membranes des intestins de l'estomac, et de plusieurs autres organes.

Dans les circonstances où j'ai opéré, et avec les ins-

trumens que j'employais, l'élévation de température n'a jamais été moindre que deux degrés; et pour plusieurs corps, comme pour l'amidon, la racine de réglisse pulvérisée, et des membranes très-minces d'un estomac de mouton, elle a été jusqu'à dix.

Les graines pourvues de leurs enveloppes, comme le blé, le maïs, etc., et même celles qui donnent de l'huile, comme le lin et le pavot, présentent à-peu-près les mêmes phénomènes; elles absorbent l'eau très-lentement, mais elles en absorbent long-temps; par conséquent elles conservent long-temps un excès de température.

On peut encore remarquer ici que les élévations de température qu'on observe ne sont pas sans doute les températures des molécules elles-mêmes, et que la cause, quelle qu'elle soit, qui produit des effets si sensibles au thermomètre, produit des effets encore plus grands au lieu même où elle agit.

Voilà donc une cause nouvelle qui concourt sans doute très-puissamment à développer les phénomènes de la germination, et tous ceux que doit embrasser un jour la physiologie végétale. Mais pour ne pas faire, à cet égard, des conjectures hasardées, et pour suivre les effets d'une manière rigoureuse et certaine, il importe avant tout de déterminer, s'il se peut, l'espèce particulière de combinaison que l'eau forme ici avec les corps organisés. Est-ce une vraie combinaison chimique de celles que l'on appelle *en proportions définies*? Est-ce simplement une consolidation de l'eau, et le calorique dégagé ne proviendrait-il que de ce changement d'état? Ou bien n'est-ce qu'une action pareille à l'action capillaire?

Les résultats précédens semblent fournir des données suffisantes pour éclaircir et peut-être pour résoudre ces questions. Si le dégagement de chaleur provenait d'une congélation de l'eau, ce liquide, une fois gelé par l'action absorbante, ne pourrait plus se geler ensuite par le refroidissement : or, il est facile de s'assurer qu'en soumettant les corps imbibés d'eau à un froid suffisant, le liquide se congèle et jouit alors de toutes les propriétés de la glace, surtout de la propriété caractéristique de ne se fondre qu'en absorbant de la chaleur.

Au reste, il n'est pas nécessaire d'insister sur les épreuves indirectes qu'on peut rassembler contre cette opinion ; les vraies preuves qui la détruisent sortiront d'elles-mêmes de la discussion qui va suivre sur la question de savoir si l'eau absorbée est chimiquement combinée. Si l'eau formait une combinaison chimique avec les corps qui l'absorbent, ce serait sans doute une propriété qui lui serait particulière, et qui ne conviendrait pas à tous les liquides qui peuvent mouiller ces corps. Cependant, si l'on observe les effets de l'absorption de l'alcool, on trouve que ce liquide est, comme l'eau, rapidement absorbé, et qu'il en résulte une élévation de température à-peu-près pareille.

Je présente ici le tableau des expériences faites avec l'alcool et la plupart des corps organisés précédens (page 162): on y voit qu'en général ceux qui dégagent plus de chaleur avec l'eau en dégagent plus aussi avec l'alcool, et que, pour un même corps mis en contact avec ces deux liquides, la différence est toujours très-faible. Ces résultats me laissaient encore des doutes, car l'alcool dégage de la chaleur en se combinant avec l'eau, et il y avait à

craindre que les corps étant mal desséchés, l'élévation de température ne provînt de l'action que l'eau restante pouvait exercer sur l'alcool. Toutefois la différence à-peu-près constante qui se présentait entre les élévations de température produites par ces deux liquides était une raison de penser que leur combinaison avait peu de part au phénomène. Mais il y avait un moyen simple et sûr de lever tous les doutes, c'était de soumettre à l'absorption des corps un liquide dont ils pussent être mouillés et qui fût sans action sur l'eau. L'éther acétique remplit bien cet objet : il est très-fluide, cède facilement aux actions capillaires, et n'a pas la propriété de se combiner avec l'eau. J'ai donc fait avec ce liquide les expériences que j'avais faites avec l'eau et l'alcool. Il m'a offert les résultats que j'en pouvais attendre. Comme il est promptement absorbé, il produit à l'instant son effet sur le thermomètre, et on voit, dans le tableau des résultats (page 162), qu'il n'y a en général qu'une très-petite différence entre ces effets et ceux de l'eau et de l'alcool. Quand l'un de ces fluides donne avec un corps un excès de température de sept degrés, il donne avec les autres environ six degrés ou sept degrés et demi. L'huile ordinaire et l'huile essentielle de térébenthine ont été pareillement soumises à l'absorption des corps organisés, et ont présenté les mêmes phénomènes que les liquides précédens.

Puisqu'un même corps, qu'il soit du règne végétal ou du règne animal, produit un dégagement de chaleur quand il agit sur l'eau, sur les huiles, l'alcool et l'éther acétique, et puisque l'ascension qui en résulte dans le thermomètre est à-peu-près la même pour ces différens liquides, on ne peut guère douter que ce corps absor-

bant n'exerce sur eux le même genre d'action, et ne se présente avec eux exactement de la même façon.

Ainsi premièrement, s'il était vrai qu'il fît passer l'eau à l'état solide, il faudrait admettre qu'il congèle aussi l'alcool, les huiles, même l'éther acétique, et tous les corps qui peuvent le mouiller; ce que sans doute aucun chimiste ne sera tenté de supposer.

Secondement, si un corps organisé qui absorbe l'eau se combinait avec elle en proportion définie, il faudrait qu'il eût la propriété de se combiner en proportion définie avec l'alcool, les huiles, l'éther acétique et tous les autres liquides qu'il peut absorber; résultat qui est absolument contraire aux phénomènes généraux de la chimie. Il faut donc admettre que toute la quantité d'eau qu'un corps absorbe depuis l'état complet de dessiccation jusqu'à l'état de saturation, n'est ni congelée dans son intérieur, ni chimiquement combinée avec ses élémens.

Après avoir été conduit par l'expérience à l'exclusion de ces deux hypothèses, essayons de voir si la cause qui fait pénétrer le liquide dans un corps absorbant, et celle qui le retient entre ses fibres avec tant d'énergie ne seraient pas une seule et même cause tout-à-fait pareille à l'action capillaire, tout-à-fait soumise aux mêmes lois, et n'imprimant aux liquides que des modifications absolument pareilles. Tous les corps qui peuvent être mouillés par l'eau exercent sur elle une action hygrométrique : il n'y a sans doute pas d'observateur qui n'ait eu occasion de remarquer l'action très-puissante que le verre exerce sur la vapeur d'eau pour la condenser, et pour se couvrir d'une couche liquide, même dans un air très-

sec. Le quartz exerce une action plus puissante encore qui modifie singulièrement ses propriétés électriques : la chaux carbonatée, la topaze, l'émeraude, la tourmaline, et un très-grand nombre de minéraux sur lesquels j'ai fait des expériences d'électricité, présentent des phénomènes hygrométriques à-peu-près pareils ; les métaux eux-mêmes, tels que le platine et l'argent, se couvrent d'une couche d'eau dans un air très-humide et non saturé. La propriété de se mouiller et d'agir sur la vapeur n'est donc qu'une seule et même chose, tellement que la mesure de l'action hygrométrique, si elle était facile à prendre, serait la vraie mesure de l'action capillaire. Ainsi, 1° les corps qui se mouillent sont hygrométriques comme les corps qui absorbent l'eau, et comme eux ils peuvent se dessécher ou s'humecter suivant l'état de l'air qui les enveloppe. 2°. Les corps qui se mouillent dégagent de la chaleur, et ceux qui absorbent l'eau en dégagent pareillement. Ces phénomènes communs semblent indiquer d'une manière évidente une action de même genre.

Cependant une première difficulté se présente : dans l'exercice de la simple action capillaire, l'élévation de température est tout au plus de un demi-degré pour les métaux, et n'est pas de un degré pour l'argile, tandis que, dans le cas de l'absorption, elle peut monter jusqu'à dix. Mais aussi quelle différence n'y a-t-il pas entre la grosseur des plus fines poussières que nous puissions faire en limant et même en porphyrisant les corps solides, et la grosseur des filamens qui constituent les corps organisés, la soie, le coton, les fibres qui composent le papier. Celles que nous pouvons séparer dans

les membranes vivantes avec les instrumens les plus délicats ne sont-elles pas elles-mêmes composées d'une innombrable quantité d'autres fibres incomparablement plus ténues ? Cette différence prodigieuse entre les plus fines poussières des corps inorganiques et les filamens des tissus organisés n'est-elle pas une raison suffisante de la différence de quelques degrés de température qu'on observe dans leurs actions sur les liquides ? Ne voit-on pas d'ailleurs que plus les corps sont poreux, que plus il y a de ténuité dans les dernières molécules entre lesquelles l'eau peut s'insinuer, et plus le dégagement de chaleur est grand. La brique et l'argile font monter le thermomètre plus que les métaux ; ces corps poreux et le charbon font comme le passage des corps inorganiques aux corps organisés, et marquent en quelque sorte la continuité d'effets qui a lieu, en passant des premiers aux derniers.

Une autre difficulté se présente encore : l'eau, en pénétrant le tissu jaune, les tendons et la plupart des corps élastiques, leur donne des propriétés de la plus grande importance pour les fonctions de la vie, comme il a été démontré récemment par M. Chevreul ; tandis que les autres liquides ne peuvent jamais leur donner ces mêmes propriétés. Mais l'eau forme aussi avec les poussières métalliques une espèce de pâte consistante et élastique, tandis que les autres liquides ne produisent pas le même effet. Cette différence tient sans doute à une propriété de cohésion et d'élasticité particulière à l'eau ; car ce corps, qui joue un si grand rôle dans la nature inorganique et dans la nature vivante, se présente à nous sous tant de formes diverses, soit à l'état liquide, soit

à l'état vésiculaire, qu'il faut bien admettre qu'il a des caractères qui lui sont propres, et qu'il n'est pas seulement distingué des autres corps par les élémens qui le constituent.

Ainsi, quoique la quantité de chaleur dégagée par l'action capillaire soit moins grande que celle qui se dégage par l'absorption; quoique l'eau imprime à certains corps organisés des propriétés d'élasticité que les autres liquides ne peuvent pas lui donner, il me semble qu'on est nécessairement amené à cette conséquence, que les effets capillaires et l'absorption sont dus à la même cause; qu'un liquide absorbé est seulement un liquide qui mouille; et qu'enfin, si on veut appeler du nom de *combinaison* l'arrangement d'un liquide et du solide qui l'absorbe, il faut appeler du même nom l'arrangement d'un solide et d'un liquide qui le mouille. Dans tous les cas, il me semble maintenant possible de marquer les caractères distinctifs entre ce genre de combinaisons et celles qu'on appelle *en proportions définies.* Dans celles-ci, chaque élément, en agissant sur l'autre, perd sa continuité; les molécules de l'un d'eux se séparent du reste de sa masse, et vont en quelque sorte s'individualiser avec les molécules de l'autre; il en résulte un groupe composé qui exerce son action sur les groupes pareils, et c'est cette action mutuelle qui constitue la continuité du corps composé.

Au contraire, dans les actions capillaires et dans l'absorption, chaque élément conserve sa continuité. Ses molécules ne se séparent pas l'une de l'autre, le solide reste solide, et les particules liquides ne cessent pas d'exercer l'une sur l'autre cette action mutuelle qui

constitue la liquidité. Au reste, la connaissance des faits précédens et des deux propositions générales que j'ai tâché de prouver, me semble donner lieu à de nombreuses conséquences, soit sur la théorie des combinaisons, soit sur les effets infiniment multipliés que ce nouveau dégagement de chaleur produit dans les dissolutions, dans la végétation, et surtout dans les fonctions de la vie; mais il faut de nouvelles expériences, et en grand nombre, pour ne pas s'égarer dans des spéculations aussi compliquées.

Les combinaisons qui m'ont paru avoir le rapport le plus immédiat avec les précédentes sont les combinaisons des oxides et des sels avec l'eau et les dissolutions. Des expériences très-nombreuses, mais qui ne sont pas encore assez variées à mon gré, ni assez généralisées, semblent m'indiquer jusqu'ici, premièrement, que l'eau de cristallisation des sels et des hydrates est combinée molécule à molécule, et qu'elle forme ainsi une combinaison en proportions définies. Secondement, que les dissolutions éprouvent toujours un changement de température quand on y verse du dissolvant pour les étendre. Les unes donnent lieu à un dégagement de chaleur, comme les solides qui se mouillent; d'autres, au contraire, produisent du froid jusqu'à ce qu'elles soient étendues jusqu'à un certain point : à partir de là, elles dégagent de la chaleur quand on les étend davantage. Ainsi, au plus grand degré de concentration, ces corps dissous se comportent comme feraient des gaz, et produisent du froid quand on les force d'occuper un espace plus grand. Ce qui conduit à penser que les dissolutions sont des combinaisons particulières où l'un des élé-

mens perd sa continuité, tandis que l'autre la conserve.

Ces idées peuvent n'être pas nouvelles, car d'autres considérations y peuvent conduire; mais elles sont tout au plus des vues de l'esprit, et l'ordre de phénomènes dont je viens de parler fournit un genre de preuves qui servira à les faire rejeter si elles sont fausses, et qui servira, dans le cas contraire, à les faire reconnaître comme des vérités et des principes de la science.

Tableau du dégagement de chaleur des substances inorganiques.

NOMS des SUBSTANCES.	ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE en degrés du thermom. centigr. quand elles sont mouillées			
	par l'eau.	par l'huile.	par l'alcool.	par l'éther acétique.
Verre	0,258	0,261	0,232	0,277
Fer	0,215	0,190	0,229	0,330
Cuivre	0,195	0,183	0,141	0,304
Zinc	0,234	0,208	0,250	0,231
Bismuth	0,230	0,220	0,246	0,193
Antimoine	0,221	0,225	0,308	0,286
Etain	0,310	0,254	0,329	0,219
Porcelaine	0,549	0,493	0,530	0,474
Brique	0,572	0,480	0,322	0,458
Argile	0,940	0,912	0,867	0,780
Silice	0,350	0,179	0,248	0,417
Alumine	0,204	0,187	0,217	0,341
Magnésie	0,212	0,148	0,208	0,229
Tritoxide de fer	0,286	0,215	0,300	0,424
Peroxide de manganèse	0,307	0,236	0,341	0,430
Oxide de zinc	0,198	0,166	0,211	0,271
Deutoxide de cuivre	0,221	0,219	0,195	0,268
Litharge	0,241	0,263	0,232	0,452
Oxide de chrôme	0,160	0,153	0,219	0,318
Soufre	.....	.....	0,173	0,216

Les expériences ont été faites avec deux thermomètres : dans l'un, il fallait 32 divisions de son échelle pour faire 1 degré centigrade ; dans l'autre, il n'en fallait que 26 : on appréciait facilement un quart de division. Ainsi les centièmes de degré peuvent être regardés comme des résultats directs.

La durée d'une expérience est variable suivant la quantité de la poudre qu'on emploie, et suivant sa nature ; on avait essayé d'en tenir compte pour évaluer les quantités de chaleur dégagée ; mais cette évaluation dépend d'élémens trop incertains.

La limaille de fer s'oxide assez promptement pour que sa chaleur, dégagée par l'oxidation, soit sensible au thermomètre. Il retombe bien après s'être élevé, comme il fait pour les autres corps quand ils cessent de se mouiller ; mais ici il ne retombe jamais jusqu'à la température initiale.

Tableau du dégagement de chaleur des substances organisées.

NOMS des SUBSTANCES.	ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE quand elles absorbent.			
	l'eau.	l'huile.	l'alcool.	l'éther acétique.
Charbon	1°,16	0°,96	1°,27	1°,41
Amidon	9,70	3,52	4,77	6,18
Sciure de bois	2,17	2,80	3,20	2,52
Racine de saxifrage	5,40	4,27	5,98	6,37
——— pareira brava	5,23	3,38	4,61	5,88
——— réglisse	10,20	4,19	7,17	6,54
——— valériane	4,26	3,84	4,66	4,10
——— bistorte	5,72	3,13	6,07	6,43
——— iris	6,12	4,00	3,75	6,48
Farine de blé	2,72	1,19	3,40	4,10
—— de blé de Turquie	2,32	1,22	3,32	3,72
—— d'orge	2,22	1,15	2,87	3,83

NOMS des SUBSTANCES.	ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE quand elles absorbent			
	l'eau.	l'huile.	l'alcool.	l'éther acétique.
Farine de seigle.......	2°,55	1°,43	2°,92	4°,50
—— d'avoine.........	2,42	0,91	2,75	4,32
—— de lin..........	2,07	....	1,73	3,48
Graine de blé.........	1,92	....	2,21	2,25
—— de maïs..........	1,10	....	2,00	2,36
—— d'orge..........	1,12	....	1,82	....
—— de seigle	1,62	....	1,60	....
—— de gruau........	2,13	....	2,44	....
—— d'avoine	1,19	....	1,56	....
—— d'alpiste.........	1,15	....	1,29	....
—— de pavot........	1,27	....	1,11	1,39
—— de millet........	0,94	....	1,26	0,84
—— de navette.......	1,10	....	1,28	0,94
Coton...............	0,97	1,25	0,83	1,67
Fil.................	2,11	1,17	2,78	3,18
Papier ordinaire.......	1,45	....	....	....
—— desséché	4,52	2,12	3,60	....
Cheveux.............	2,06	2,31	1,28	3,45
Laine...............	3,17	3,38	2,54	3,12
Ivoire..............	3,14	2,18	1,49	....
Baleine.............	2,86	2,15	1,56	3,25
Cuir neuf............	2,43	....	2,41	....
—— un peu charbonné.	4,37	....	....	....
Eponge..............	1,90	....	....	....
Vessie de porc........	2,40	1,84	2,58	3,60
Tendon de bœuf......	3,16	1,17	3,31	3,24
Membranes très-minces d'intestins de mouton.	9,63	....	10,12	8,38

Il y a des corps qui n'ont pas été mouillés avec l'huile parce qu'ils étaient trop lents à l'absorber ; il aurait fallu des heures entières pour faire, comme on a toujours fait, trois expériences sur le même corps.

On a eu soin de dessécher à la fois une assez grande quantité de chaque substance pour faire sur elle les expériences avec les différens liquides.

Extrait *d'un Mémoire de M.* Serulas *sur l'iodure de potassium, l'acide hydriodique, et sur un composé nouveau de carbone, d'iode et d'hydrogène, publié à Metz en mai* 1822.

L'iodure de potassium qu'on se procure dans le commerce contient des quantités variables de chlorures et de sulfates, dont l'origine doit être attribuée à l'iode qui n'a pas été convenablement purifié, à la potasse ou à l'acide hydriodique dont on se sert pour achever de la saturer, quand il a été préparé en faisant passer de l'hydrogène sulfuré à travers l'eau où l'iode est en suspension; car cet acide, chauffé pour en séparer l'excès d'hydrogène sulfuré, filtré, décomposé par l'acide nitrique, précipite d'une manière très-notable les sels de baryte (1). On remarque encore une odeur de chlorure de soufre lorsqu'on traite l'iodure de potassium du commerce par l'acide sulfurique concentré; ce qui n'a pas lieu avec l'iodure de potassium très-pur, préparé par le procédé suivant (2) :

---

(1) M. Serulas pense que le soufre existe, dans un état particulier, dans l'acide hydriodique préparé avec l'hydrogène sulfuré; mais il est plus probable que l'iode dont il s'est servi retenait quelque sulfate, car il parle d'un résidu que laisse l'acide hydriodique après avoir été décomposé par l'acide nitrique, dont la dissolution précipitait par les sels de baryte.

R.

(2) M. Serulas regarde comme probable que cette odeur de chlorure de soufre, qui se laisse apercevoir pendant douze

Versez sur de l'iode préalablement lavé douze à quinze fois son poids d'alcool incolore à 25°, jetez-y ensuite, par portions, de l'alliage de potassium et d'antimoine réduit chaque fois, à l'instant, en fragmens, et agitez avec un tube de verre. Dès que la décoloration de la liqueur sera complète, vous décanterez dans un vase à part pour filtrer et évaporer lentement, comme cela se pratique. L'iodure ainsi préparé sera de la plus grande blancheur et d'une pureté parfaite.

L'essentiel, dans ce procédé, est d'avoir de l'antimoine très-pur, et, jusqu'à présent, pour l'avoir tel, c'est dans l'émétique qu'il convient de le prendre. Il faut convertir, une première fois, de l'émétique en alliage de potassium et d'antimoine, en le grillant d'abord à l'air, et le calcinant ensuite dans un creuset fermé. Si, par un premier essai sur quelques fragmens de cet alliage, un acide y développe l'odeur d'hydrogène sulfuré, il faut le pulvériser entièrement et le laver pour enlever le sulfure de potassium. Les émétiques du commerce contiennent généralement un peu de soufre dont la présence devient très-manifeste lorsqu'ils sont transformés, par leur calcination en vases clos, en alliage de potassium, et qu'ils sont soumis à l'action d'un acide (1).

à quinze jours, dans des cloches simplement recouvertes d'un disque de verre, et qui s'annonce surtout par des vapeurs blanchâtres qu'on rend plus sensibles en soufflant légèrement dans les cloches, est due à un iodure de soufre analogue au chlorure de soufre; mais il est bien plus vraisemblable que l'odeur et les vapeurs sont produites par un mélange de gaz hydriodique et de vapeur d'iode. R.

(1) Le lavage que recommande ici M. Serulas nous paraît peu efficace; car si le soufre est en combinaison uniforme

Une fois que l'on se sera approvisionné de 2 à 3 kilogrammes d'antimoine pur, au moyen de six à sept fois autant d'émétique, on en aura pour long-temps si on le réserve exclusivement pour cet usage, puisque ce métal n'entre point dans la composition de l'iodure de potassium, et que, sauf les déperditions inévitables dans toute manipulation, il reste entièrement sur le filtre : sa pureté sera d'autant plus grande qu'il aura servi un plus grand nombre de fois à cette opération. Il ne s'agira plus, chaque fois qu'on aura besoin d'alliage, que de faire fondre le métal avec la crême de tartre, à laquelle on le mêle par porphyrisation. Les matières étrangères que peut contenir la crême de tartre sont rejetées, pendant la fusion, à la surface du culot métallique, qui ne reste formé absolument que d'antimoine et de potassium, et la quantité de ce dernier, par une bonne manipulation, s'y trouve être d'un cinquième. C'est aussi un bon moyen de se procurer de la potasse pure.

Nouveau composé d'iode, d'hydrogène et de carbone ou hydriodure de carbone.

Pour le préparer, on dissout, jusqu'à saturation, de l'iode dans de l'alcool au moins à 39°. Cette dissolution étant introduite dans une grande éprouvette à pied, on

---

avec le potassium et l'antimoine, il faudrait que l'alliage fût réduit en poudre moléculaire pour que le lavage pût l'enlever entièrement; et comme l'alliage se décompose rapidement dans l'eau, on en perdrait une quantité considérable. Il nous paraît plus convenable de prendre de l'émétique pur, et on y parvient facilement par la cristallisation. R.

y jette du potassium par portions. Après la disparition de chaque fragment, il faut agiter ; et lorsque la décoloration est presque complète, on doit cesser d'ajouter du potassium, parce qu'il pourrait agir sur le nouveau composé dès qu'il ne trouverait plus d'iode. On étend d'eau la liqueur, et à l'instant elle se trouble, s'épaissit ; d'abondans flocons jaunâtres viennent à la surface, d'autres se précipitent. Cette matière jaunâtre est l'hydriodure de carbone : après l'avoir séparée par le filtre, on la lave à l'eau froide ; et si on veut l'avoir cristallisée, on la redissout dans l'alcool, et on fait évaporer spontanément la dissolution dans des vases à large surface. Mais pendant cette opération la liqueur se colore fortement, et il se décompose une certaine quantité d'hydriodure. La formation de cette substance n'est point accompagnée d'un dégagement de gaz, et le potassium s'enflamme très-rarement sur la surface de l'alcool. Il se produit aussi de l'iodure de potassium qu'on sépare de l'hydriodure de carbone au moyen de l'eau. En substituant à l'alcool de l'éther, de l'huile douce de vin, on n'a pas réussi à former l'hydriodure de carbone.

Ce nouveau composé se présente en petites paillettes nacrées, d'un jaune de soufre ; il est friable et doux au toucher : frotté entre les doigts, il répand une odeur aromatique ; il n'a pas de saveur prononcée à l'état solide ; mais dissous dans l'alcool, il en a une qui est manifestement sucrée : une température peu élevée le décompose, puisque la chaleur, qui n'altère aucunement une carte sur laquelle il est exposé, suffit pour opérer cette décomposition qui se manifeste par la volatilisation de l'iode et un dépôt de charbon. Ce résultat établit une

différence entre le nouveau composé et celui découvert par M. Faraday, qui peut se volatiliser sans altération, et qui ne se décompose qu'à une haute température. L'eau n'en dissout que très-peu; il est, au contraire, très-soluble dans l'alcool, d'où il est précipité par l'eau. Chauffé à la lampe d'esprit-de-vin dans une cloche sur du mercure, il s'est formé de l'iodure rouge de mercure; du charbon a été mis à nu, et du gaz a été dégagé; mais l'expérience ayant été faite très en petit, on n'a pas obtenu assez de gaz pour l'examiner.

On obtient aussi le nouveau composé en mettant l'alliage de potassium et d'antimoine dans de l'alcool concentré : si ce liquide était trop aqueux, il ne se formerait que de l'iodure de potassium. On l'obtient encore en faisant arriver simultanément sur du charbon incandescent de l'eau et de l'iode en vapeurs; mais on ne réussit que très-rarement, ce qui dépend sans doute de l'extrême facilité avec laquelle il se décompose par la chaleur. En se servant d'un tube de fer pour cette opération, au lieu d'un tube de verre, on a obtenu des cristaux très-brillans, absolument semblables à de la limaille d'or, se rapprochant beaucoup de ceux du produit jaune cristallisé obtenu en employant un tube de verre : ils en diffèrent cependant beaucoup, car la chaleur ne les altère pas facilement, et, traités par l'acide nitrique, ils laissent dégager de l'iode, et le liquide précipite très-abondamment en bleu par le prussiate de potasse. L'action du potassium sur l'alcool ôte tout espoir de démontrer, par ce moyen, si l'alcool absolu contient encore de l'eau.

Nota. M. Serulas nous a adressé plusieurs échantillons du nouveau composé qu'il a découvert : son existence comme corps particulier est incontestable, mais il reste à connaître mieux ses élémens : il est à regretter que M. Serulas ne se soit pas encore lui-même occupé de son analyse ; car elle était pour lui très-facile. R.

Sur *des Phénomènes électriques dans le vide.*

Par Sir H. Davy, Président de la Société royale.

(Lu à la Société royale le 20 décembre 1821.)

Traduit de l'anglais par M. Billy.

Le dégagement de la chaleur et de la lumière par des décharges électriques ; la manière dont les attractions chimiques se produisent, se détruisent ou se modifient par les changemens qui ont lieu dans les états électriques des corps ; enfin la découverte récente et si importante de la connexion du magnétisme avec l'électricité, ont ouvert un vaste champ de recherches dans le domaine de la physique, et sont cause que les investigations concernant la nature de l'électricité, ainsi que les lois auxquelles elle est soumise et les propriétés qu'elle communique aux corps, sont devenues beaucoup plus intéressantes qu'à aucune autre époque de l'histoire de cette science.

L'électricité est-elle un fluide subtil et élastique ? Les effets électriques sont-ils simplement les résultats des

forces attractives des particules des corps ? La chaleur et la lumière sont-elles les élémens de l'électricité, ou bien ne sont-elles que les effets de son action ? Le magnétisme est-il identique avec l'électricité, ou est-ce un agent indépendant mis en mouvement ou en activité par l'électricité ? On peut multiplier à l'infini les questions de cette espèce, et les présenter sous des formes précises et variées. La solution de ces questions, il faut en convenir, est de la plus haute importance, et quoique plusieurs personnes aient entrepris de les résoudre de la manière la plus positive, cependant nous croyons que parmi les hommes accoutumés à raisonner avec sagacité, il y en a peu qui pensent que, dans l'état actuel des choses, nous ayons des données suffisantes pour être à portée de rien décider sur un point aussi obscur et aussi difficile de la philosophie corpusculaire.

Les relations de l'électricité à l'espace aussi complètement privé de matière qu'il peut l'être à la surface de la terre m'ont paru un objet de grande importance et qui était intimement lié avec toutes ces questions ; en conséquence j'ai entrepris quelques expériences à cette occasion.

C'est une chose bien connue des membres de cette Société qui se sont occupés d'électricité, que M. Walsh croyait qu'on ne pouvait exciter l'étincelle électrique dans le vide de Torricelli, s'il était parfait, et que M. Morgan tirait la même conséquence de ses recherches, et concluait en même temps qu'un vide de ce genre ne permettait pas de charger le verre qui était revêtu d'une garniture. Aujourd'hui c'est un fait notoire que la vapeur de mercure existe dans le tube de Torricelli, où l'on a

fait le vide le plus parfait qu'il est possible ; quoiqu'à la vérité, la densité de cette vapeur soit extrêmement petite ; je ne pouvais donc pas ne point avoir quelque doute relativement à l'exactitude parfaite de ces résultats, et je résolus non-seulement de les examiner par voie d'expérience, mais encore d'exclure, autant qu'il était possible, la présence de toute matière volatile, en employant à cet effet, pour faire le vide, un métal fixe en fusion.

L'appareil que j'employai était extrêmement simple ; il consistait en un tube de verre courbé avec une branche fermée et plus longue que l'autre. Un fil de platine fut cimenté hermétiquement dans cette branche fermée, afin de transmettre l'électricité ; ou bien, dans la vue d'apprécier la faculté du vide pour recevoir une charge, ce même tube fut revêtu d'une feuille d'étain ou de platine. La branche fermée ayant été remplie de mercure ou de tout autre métal, on fit le vide dans la branche ouverte, soit en la plaçant sous le récipient, soit en la mettant en communication avec le robinet d'une excellente machine pneumatique ; et dans quelques cas, pour plus d'exactitude, on fit le vide, après avoir rempli de gaz hydrogène et le tube et l'appareil (1).

En opérant de cette manière, il était aisé de se procurer un vide d'une grande ou d'une petite étendue ; car avec l'air ou le gaz raréfié, on pouvait faire équilibre à une colonne de métal liquide de longueur quelconque, depuis vingt pouces jusqu'à un vingtième de pouce ; et en ne faisant usage que d'une petite quantité de métal, il était plus aisé de le purger d'air.

---

(1) La figure expliquera la forme de l'appareil.

Je ferai d'abord mention des résultats que j'obtins avec le vif-argent. J'employai, dans les tubes, du vif-argent récemment purifié, et après l'avoir mis en ébullition six ou sept fois, du sommet au fond et du fond au sommet, je le faisais vibrer à différentes reprises en le frappant avec un petit morceau de bois; je trouvai qu'on obtenait dans le tube une colonne privée de la plus petite particule d'air; mais il se présenta un phénomène dont j'eus beaucoup de peine à trouver la cause. Quand je faisais usage d'un tube court de quatre ou cinq pouces de longueur seulement, il arrivait qu'après avoir continué l'ébullition et avoir beaucoup agité le mercure, quoiqu'il n'y eût point d'apparence de matière élastique tant que le mercure adhérait fortement dans la partie supérieure du tube, je trouvais cependant qu'à la suite de l'électrisation ou même qu'en laissant le mercure repasser lentement dans la partie fermée, il se formait un petit espace globulaire qui devenait sensible; je jugeai d'abord que c'était de l'air qui, quoique prodigieusement raréfié, comme il avait dû l'être par le vide, ne laissait pas d'adhérer au mercure; en conséquence j'essayai de supprimer entièrement la présence de l'air en soumettant le mercure à une longue ébullition dans un double siphon épuisé et en faisant le vide dans une des branches; mais le phénomène reparaissait toujours quand il n'y avait pas de forte adhésion du mercure au verre. Ceci avec une autre circonstance, savoir, que si la branche où l'on avait fait le vide de Torricelli avait 15 ou 16 pouces de longueur, le phénomène devenait très-rarement sensible, et qu'il disparaissait toujours lorsque le tube était renversé et que le mercure frappait le som-

met avec quelque force; ceci, dis-je, me porta à conclure que le petit espace était réellement rempli de vapeur de mercure, parce que l'attraction mutuelle des particules de mercure liquide, l'une pour l'autre, empêchait leur contact effectif avec le verre, excepté quand ce contact avait lieu forcément par des moyens mécaniques, et bientôt je prouvai que c'était là le cas; car, lorsque la colonne de mercure était courte, si je le faisais descendre avec plus ou moins de vitesse du vide le moins parfait dans celui qui l'était le plus, je pouvais augmenter ou diminuer l'espace ou le faire entièrement disparaître; et, dans ce dernier cas, la cohésion entre le mercure et le verre était toujours extrêmement forte.

Dans tous les cas où le vide mercuriel était parfait, je trouvai qu'il était perméable à l'électricité, et qu'il devenait lumineux, soit par l'étincelle ordinaire ou par le choc d'une bouteille de Leyde, et que le verre garni qui enveloppait ce vide se chargeait d'électricité; mais le degré d'intensité de ces phénomènes dépendait de la température : lorsque le tube était très-chaud, la lumière électrique se montrait dans la vapeur avec une couleur verte, vive et de grande intensité; à mesure que la température diminuait, la couleur perdait sa vivacité, et quand on produisait un froid artificiel de 20° au-dessous de zéro du thermomètre de Fahrenheit (1), la lumière

---

(1) Près de 29° au-dessous de zéro du thermomètre centigrade. Le zéro de Fahrenheit est à 17° $\frac{7}{9}$ centigr. au-dessous du zéro centigr., et 9° de Fahrenheit font seulement 5 centigrades.

était si faible qu'il fallait une grande obscurité pour qu'on pût l'apercevoir.

Ajoutons aussi que l'électricité communiquée à la feuille d'étain ou de platine était d'autant plus forte que la température était plus élevée : ce qui, comme l'autre phénomène, doit dépendre de la différente densité de la vapeur de mercure ; en effet, à zéro de Fahrenheit (— 17°,8 cent.), cette électricité était très-faible.

On observait un très-beau phénomène pendant l'ébullition du mercure dans le tube où l'on avait fait le vide; c'était le grand éclat de la lumière électrique dans la vapeur toute pure et dense de ce métal. Durant la formation et la condensation des globules de vapeur mercurielle, l'électricité produite par le frottement du mercure contre le verre se transmettait à travers la vapeur, avec des étincelles si brillantes qu'elles étaient visibles en plein jour.

Dans tous les cas, si on introduisait dans le vide mercuriel la plus petite quantité d'air raréfié, la couleur de la lumière produite par le passage de l'électricité changeait du vert au vert de mer; ensuite par une nouvelle addition elle passait au bleu ou au pourpre : lorsque la température était basse, le vide devenait un beaucoup meilleur conducteur.

J'essayai de me débarrasser d'une portion de la vapeur de mercure en faisant usage d'un amalgame peu fusible de mercure et d'étain qui devait cristalliser par le refroidissement dans le tube : mais les résultats furent précisément les mêmes que quand on employait du mercure tout seul. J'essayai de faire un vide au-dessus de l'alliage fusible de bismuth ; mais je trouvai que cet alliage était

si oxidable et salissait tellement le tube que je renonçai bientôt à d'autres tentatives de ce genre. Je fis beaucoup d'expériences sur un vide au-dessus de l'étain en fusion ; je fis usage de morceaux d'étain coupés tout fraîchement, je les fis fondre dans un tube où l'on avait le vide après l'avoir rempli d'hydrogène : je continuai long-temps à le chauffer et à l'agiter, et j'eus une colonne d'étain en fusion qui paraissait parfaitement purgé de gaz : cependant le vide fait au-dessus de ce métal présentait les mêmes phénomènes que le vide mercuriel, à des températures au-dessous de zéro Fahrenh. La lumière était jaune et de la phosphorescente la plus pâle, au point de n'être aperçue que dans l'obscurité presqu'absolue ; elle n'était pas sensiblement augmentée par la chaleur.

Je fis, dans le vide mercuriel, deux expériences sur les répulsions et les attractions électriques et magnétiques ; à cet effet, j'attachai au fil de platine deux fils fins de platine dans un cas, et d'acier dans l'autre, terminés par de très-petites boules des mêmes métaux : je trouvai que ces boulettes se repoussaient l'une l'autre lorsque le fil était électrisé dans le vide mercuriel le plus parfait, comme elles l'auraient fait dans les cas ordinaires ; les globules d'acier étaient aussi obéissans à l'aimant que dans l'air : ce dernier résultat était aisé à prévoir.

Dans quelques expériences du premier genre, j'employai un fil pour faire communiquer le métal avec le robinet ; mais à la fin il n'y avait point d'autre chaîne de communication que l'air ou le gaz raréfié : cette circonstance me mit à même de juger que la faiblesse de la lumière dans le vide le plus parfait n'était pas due simplement à une plus petite quantité d'électricité qui le traverse ; car la

même décharge d'électricité qui produisait une faible lumière verte dans la partie supérieure du tube dégageait une vive lumière pourpre dans la partie inférieure et une forte étincelle dans l'atmosphère.

Le point de l'ébullition de l'huile d'olive pure n'est pas beaucoup au-dessous de celui du mercure, et le beurre ou chlorure d'antimoine (antimonane) bout à environ 388° de Fahrenheit (197°,8 centigr.). Je mis ces deux substances à l'essai dans le vide, et je trouvai, comme on devait s'y attendre, que la lumière produite par l'électricité, passant à travers la vapeur du chlorure, était beaucoup plus brillante que celle qui provenait de l'électricité dirigée à travers la vapeur de l'huile, et dans le dernier cas, elle était plus brillante que dans la vapeur de mercure, à des températures ordinaires : les lumières étaient de couleurs différentes, savoir : d'un blanc pur dans la vapeur du chlorure, et d'un rouge tirant sur le pourpre dans la vapeur de l'huile ; dans les deux cas, il y eut production de fluide élastique permanent par sa transmission.

La loi de la diminution de la densité des vapeurs par la diminution de température n'a point été déterminée exactement ; mais, d'après les expériences de M. Dalton et celles que j'ai faites moi-même, je ne doute point qu'elle ne soit représentée par une progression géométrique, les décroissemens de température étant en progression arithmétique. Dans les trois liquides (1) purs soumis à mes opérations, le rapport semblait presque

---

(1) L'eau, le chlorure de phosphore et l'alcool ou le carbure de soufre.

uniforme pour le même nombre de degrés au-dessous du point de l'ébullition, et en prenant des intervalles de 20° Fahrenheit (11°,1 centigr.), ce rapport paraissait être égal à 0,369416. Sur cette donnée et en prenant que le point d'ébullition du mercure est à 600° Fah. (333° cent.), celui de l'huile à 540° Fah. (300° cent.), celui du chlorure d'antimoine à 340° Fah. (189° cent.), et celui de l'étain à 5000° Fah. (2777° cent.), au-dessus de 52° Fah. (11° cent.), et que la force élastique de l'eau à cette dernière température est capable d'élever par sa pression environ 45 centièmes d'un pouce de mercure, les forces respectives de ces différentes vapeurs seront 0,00015615 pour le mercure, 0,0016819 pour l'huile, 0,01692 pour le chlorure d'antimoine et 37015 précédé de 48 zéros pour l'étain (1).

On ne sait pas si la vapeur des solides suit une même loi de progression que celle des fluides, et on ne donne ces nombres que pour montrer combien doit être petite la quantité de matière dans les vapeurs où ses effets sont sensibles sur les phénomènes électriques, et combien elle doit être plus petite dans le cas du mercure refroidi artificiellement; ajoutons que cette raréfaction va presque au-delà de l'imagination dans les vapeurs émanées de substances qui, pour leur ébullition, exigent des températures très-élevées.

J'ai fait quelques expériences comparatives pour déterminer si au-dessous du point de la congélation de l'eau

---

(1) Je suis redevable de ces calculs à M. Charles Babbage, esq., membre de la Société royale.

l'abaissement de la température du vide de Torricelli diminue son pouvoir de transmettre l'électricité ou d'être lumineux par elle. Cela parut avoir lieu à 20° Fah. (— 6°,7 cent.) environ ; mais entre 20° Fah. (— 6°,7 cent.) et 20° Fah. (— 28°,9 cent.) au-dessous de zéro, la plus basse température de celles que j'aie pu produire avec la glace pilée et le muriate de soude, cet effet semblait stationnaire ; et autant que je pus le déterminer, les phénomènes électriques étaient presque de la même intensité que ceux qui s'étaient manifestés au-dessus de l'étain.

A moins que la machine électrique ne fût très-active, il n'y avait point de lumière visible durant la transmission de l'électricité ; mais il était évident que cette transmission avait lieu d'après l'apparence lumineuse de l'air raréfié dans les autres parties du siphon, et d'après la diminution de la répulsion de la boulette de l'électromètre à cadran attaché au conducteur principal. Quand la machine était en grande activité, il y avait une lumière pâle et phosphorescente au-dessus, une étincelle sur le mercure au-dessous, et une lumière brillante dans le vide ordinaire. Une bouteille de Leyde faiblement chargée était insuffisante pour transmettre son électricité par explosion à travers le vide refroidi de Torricelli ; mais cette électricité se dissipait lentement à travers cet espace, et quand la jarre était fortement chargée, l'étincelle traversait presqu'autant d'espace que dans l'air commun, et avec une lumière visible dans l'obscurité. A toutes les températures au-dessous de 200° Fahr. (93,3 centigr.), le vide mercuriel était aussi mauvais conducteur que l'air très-raréfié ; et quand le tube qui contenait ce métal était renfermé dans le récipient

où l'on avait fait le vide, sa température étant d'environ 50° (+ 10° centigr.), l'étincelle traversait une distance six fois plus grande dans le vide de Boyle que dans le vide mercuriel.

Il est évident, d'après ces faits généraux, que la lumière (et probablement la chaleur) dégagée dans les décharges électriques dépend principalement de quelques propriétés qui appartiennent à la matière pondérable à travers laquelle elle passe; mais ces faits prouvent aussi que l'espace où il n'y a point de quantité appréciable de cette matière est capable d'offrir les phénomènes électriques; et sous ce point de vue, ils sont favorables à l'idée que les phénomènes électriques sont produits par un ou plusieurs fluides très-subtils, dont les particules, répulsives l'une par rapport à l'autre, sont attractives à l'égard de toute autre matière. Toutefois, dans une question aussi abstruse, il ne peut y avoir d'évidence démonstrative. On peut admettre, comme dans l'hypothèse avancée par Hooke, Huygens et Euler, qu'une matière éthérée susceptible d'affections électriques remplit tout l'espace, ou que les états électriques positifs et négatifs peuvent augmenter la force de la vapeur des substances où ils existent; et il y a, en faveur de cette dernière idée, un fait que j'ai souvent observé. Lorsque la décharge voltaïque se fait dans le vide de Boyle, et provient soit du platine ou du charbon mis en contact avec le mercure, il faut d'abord approcher de très-près les surfaces qui se transmettent la commotion; mais on peut, après cela, faire passer l'électricité à des distances considérables à travers la vapeur émanée du mercure ou du charbon par son action; et lorsqu'on fait usage de deux

surfaces de métaux très-fixes, tels que le platine ou le fer, la décharge électrique ne franchira qu'une petite distance et ne pourra être maintenue en permanence.

La circonstance que l'intensité de la lumière électrique dans le vide mercuriel diminue à mesure qu'il est refroidi jusqu'à un point où la vapeur doit être d'une densité presque infiniment petite et qu'elle est ensuite stationnaire, semble opposée à l'idée qu'elle est due à une vapeur permanente émise constamment par le mercure. Les résultats avec l'étain doivent être regardés comme plus équivoques, parce que, comme on ne peut faire bouillir cette substance dans le vide, on doit soupçonner qu'elle a laissé échapper une petite quantité de l'air ou du gaz raréfié auquel on l'avait exposé; cependant, tout en supposant cette circonstance, un pareil gaz doit être au moins aussi fortement dilaté que la vapeur du mercure refroidi, et il est difficile d'admettre qu'il soit capable de donner la lumière intense que produit, en passant à travers le vide, l'électricité dont était chargée la bouteille de Leyde.

Quand on considère la chaleur intense produite par l'électricité, et qu'on réfléchit sur l'énergie des forces attractives des surfaces électrisées différemment, ainsi que sur la rapidité des changemens d'état, il ne semble pas du tout improbable que les particules superficielles des corps, qui, détachées par le pouvoir répulsif du calorique, forment la vapeur, puissent être également séparées par les forces électriques, et produire de lumineuses apparences dans le vide, privé de toute autre matière par la destruction de leurs états électriques opposés.

Dans les cas ordinaires d'action électrique, la quantité de la chaleur engendrée par la destruction des états électriques différens dépend, comme je l'ai dit dans mon dernier Mémoire à la Société, de la nature de la matière sur laquelle cette action s'exerce; et dans les cas où les étincelles électriques sont excitées dans les fluides, il y a toujours dégagement de vapeur ou de gaz. Dans les fluides élastiques, l'intensité de la lumière est toujours d'autant plus grande que le milieu est plus dense. Il est donc évident, d'après tous les faits, que les apparences lumineuses peuvent être regardées comme secondaires, tandis que les attractions et les répulsions électriques peuvent être rangées parmi les phénomènes électriques invariables et du premier ordre, à cause de l'uniformité de leur action, dans toutes les circonstances, dans les milieux rares et denses, ainsi que dans le vide, que les corps soient solides, liquides ou gazeux, et cela, soit que ces attractions et répulsions dépendent des propriétés spécifiques d'un fluide subtil et impondérable, ou des propriétés de la matière.

J'ai fait mention de l'opinion que l'étain en fusion peut contenir de l'air. Je terminerai ce Mémoire en donnant les motifs de ce soupçon, et en rapportant une circonstance qui paraît devoir être de grande importance relativement à la construction des baromètres et des thermomètres, aussi-bien qu'à l'analyse des corps gazeux. Du mercure distillé récemment, qu'on a fait ensuite bouillir et refroidir dans l'atmosphère, et qui présente une surface parfaitement unie dans un tube de baromètre, laisse échapper de l'air si on le chauffe fortement dans le vide, et cet air est en quantité suffisante pour couvrir de glo-

bules tout l'intérieur du tube. En tenant ouvert pendant quelques heures le robinet d'un des tubes employés dans les expériences sur le vide mercuriel, on trouva que la couche inférieure du mercure avait absorbé de l'air ; car, chauffée dans le vide, elle en émettait distinctement jusqu'à un quart de pouce de son extrémité; des quantités plus petites étaient dégagées de la portion suivante de la colonne ; le dégagement d'air cessait à environ un pouce de hauteur dans le tube. Il y a tout lieu de croire que cet air existe dans le mercure sous une forme invisible comme dans l'eau ; qu'il y est disséminé dans ses pores : ce fait montre la nécessité de faire bouillir long-temps le mercure dans les tubes de baromètre et de thermomètre; il apprend de plus qu'il convient d'exposer à l'air une surface de mercure aussi petite que possible. Il peut expliquer pareillement la différence des hauteurs du mercure dans des baromètres différens, et il semble indiquer l'urgence de faire bouillir de nouveau le mercure de ces instrumens, après un certain laps de temps.

Explication de la figure.

A. Un tube, d'un diamètre ordinaire.

B. Le fil pour communiquer l'électricité.

E. Petit cylindre de feuille métallique pour couvrir les tubes qui n'ont pas le fil *B.* Ce cylindre sert à former une garniture.

C. Surface du vif-argent ou de l'étain en fusion.

D. Partie du tube où l'on doit faire le vide au moyen du robinet *F*, après qu'on l'a rempli d'hydrogène, quand c'est nécessaire, à l'aide du même robinet.

G. Tube mobile, communiquant avec la machine pneumatique.

Il est évident qu'en introduisant plus de mercure, la branche *D* peut en être remplie, et le robinet fermé dans le métal de manière à ne laisser dans le tube qu'un vide de Torricelli où l'on peut mettre le mercure en ébullition. J'ai trouvé que l'expérience faite de cette manière n'offre point de différence dans le résultat.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 3 *juin* 1822.

Une place est vacante à l'Ecole de Pharmacie de Montpellier : le Ministre de l'Intérieur invite l'Académie à lui présenter un candidat.

M. Pons, directeur de l'Observatoire de Marlia, annonce qu'il a aperçu, les 14 et 15 mai, une nouvelle comète.

Le Ministre de l'Intérieur avait demandé à l'Académie de faire examiner divers travaux sur l'aréométrie exécutés par MM. Gay-Lussac, Benoît et Francœur. Au nom d'une Commission, M. Arago a fait aujourd'hui sur cet objet un rapport terminé par la conclusion suivante qui a été adoptée : « On voit, en résumé, que » M. Gay-Lussac a traité la question de l'aréométrie » sous toutes ses faces et avec son habileté accoutumée. » Les tables qu'il a déduites d'un travail pénible de plus

» de six mois seront, pour l'industrie et pour la science,
» une précieuse acquisition ; l'autorité y trouvera aussi,
» suivant son vœu, *les moyens d'améliorer et de sim-*
» *plifier la perception de l'impôt*, et le guide le plus sûr
» qu'elle puisse suivre. »

M. Geoffroy-Saint-Hilaire annonce qu'il arrive, vivant, au Jardin du Roi, un animal du Sénégal, nommé *Gré-part* par Buffon, et par Linné *Feles jubata*.

M. Duméril annonce qu'un particulier s'est introduit chez lui, et a enlevé de dessus son bureau le Mémoire de M. Flourens. On est à la recherche du vol et du voleur.

M. du Petit-Thouars lit un Mémoire intitulé : *Nouvelles observations sur l'enlèvement d'un anneau complet d'écorce.*

M. Moreau de Jonnès lit des Aperçus géodésiques sur le territoire des colonies françaises des Indes occidentales.

Séance du lundi 10 *juin.*

On reçoit de M. D'Hombres-Firmas une branche de lilas qui a présenté un exemple fort rare de végétation.

M. Arago communique les élémens de la comète du Cocher déterminés par M. Nicollet. Ces élémens ont été publiés dans le précédent Cahier.

Une Commission rendra compte d'un précieux Recueil d'observations météorologiques faites à la Chapelle, près de Dieppe, par M. Néel de Breauté.

M. Arago annonce que le tremblement de terre qu'on a éprouvé dans l'ouest de la France s'est fait sentir aussi à Paris. Le regître d'observations magnétiques de l'Observatoire, à la date du 31 mai 1822, à 8 h. $\frac{1}{4}$ du matin, porte la note suivante : « L'aiguille » oscille rapidement et comme un pendule de l'est à » l'ouest : conséquemment la cause de ce mouvement est » indépendante du magnétisme. »

M. Cuvier lit un *Mémoire sur un nouveau genre d'animaux fossiles* retirés des houillères de Cadibona, près de Savone, et qu'il nomme *Antracotherima.*

M. Duméril, au nom d'une Commission, rend compte d'un Mémoire présenté par M. Ségalas, et dans lequel ce physiologiste établit, comme M. Magendie l'avait déjà fait antérieurement, que les veines mésentériques sont douées de la faculté absorbante pour certaines matières autres que le chyle. Le Mémoire a été approuvé.

M. Ampère lit quelques nouveaux calculs sur l'action mutuelle de deux conducteurs voltaïques.

La Section de Chimie présente, pour la place vacante à l'Ecole de Pharmacie de Montpellier, MM. Duportal, Pouzin, Bertin et Figuier.

Séance du lundi 17 juin.

La Section de Mécanique est invitée, sur la demande du Ministre de l'Intérieur, à examiner la construction des nouvelles voitures publiques qui versent si souvent.

On lit les lettres de MM. Desvaux et Boisgiraud qui ont paru dans le précédent Cahier.

M. le comte de Bucquoy adresse un *Mémoire sur la Théorie des engrenages.*

M. Geoffroy-Saint-Hilaire communique une *Note sur les œufs et l'état pathologique des poules dont on a suspendu les pontes.* Il montre ensuite les pièces à l'appui de sa Note.

M. Ferraud avait présenté une machine de son invention. M. Dupin, au nom d'un Commission, a fait aujourd'hui un rapport d'où il résulte que la nouvelle machine ne mérite aucune attention.

M. Moreau de Jonnès lit une *Note sur l'origine de la maladie pestilentielle* dont les ravages furent si funestes à l'expédition de découvertes qui avait été chargée de reconnaître le cours du Zaïre.

L'Académie renvoie à l'examen d'une Commission le Recueil d'excellentes observations météorologiques faites à Alais, en 1821, par M. D'Hombres-Firmas.

Séance du lundi 24 juin.

M. Brongniard, au nom d'une Commission, fait un rapport étendu sur un Mémoire où M. Prévost établit le nombre, les caractères et l'ordre de superposition des différens dépôts qui se sont succédés entre les terrains primordiaux et les terrains nouveaux dans les environs de Paris, dans une grande partie de l'Europe, peut-être même dans le monde entier. Le rapport est très-favorable; le Mémoire sera imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

L'Académie décide qu'il y a lieu à remplacer M. Haüy.

M. Geoffroy lit des Observations pour établir que les monostrèmes sont ovipares, et qu'ils doivent former une cinquième classe dans l'embranchement des animaux vertébrés.

M. Ampère lit une Note dans laquelle il tire deux résultats nouveaux de la formule qu'il a lue dernièrement.

Le Président désigne une Commission qui ira s'informer, au nom de l'Académie, de la santé de M. Delambre.

M. Foderà lit un *Mémoire sur les Sympathies et sur d'autres phénomènes qui sont ordinairement attribués au système nerveux.*

On lit un Mémoire de M. Darracq, de Dax, *sur les Rennes.*

Sur *les Oxides de manganèse.*

Par Mr P. Berthier, Ingénieur des Mines.

Le manganèse a quatre degrés d'oxidation, indépendamment de celui qui constitue l'acide manganésique dans le caméléon. La composition des quatre oxides a été déterminée avec une très-grande exactitude par MM. Berzelius et Arfvedson.

On se procure aisément le protoxide en chauffant à la chaleur blanche le carbonate ou un oxide de manganèse quelconque pur, dans un creuset brasqué de charbon. On peut opérer sur des masses assez considérables, pourvu que l'on chauffe pendant un temps suffisant ; la réduction se

propage jusqu'au centre des masses par voie de cémentation.

L'oxide rouge résulte de la calcination du deutoxide ou du peroxide : sa nuance varie selon le degré d'agrégation de l'oxide qui a servi à le préparer : lorsque celui-ci est dense, comme le peroxide natif, l'oxide rouge a une couleur foncée presque noire : lorsque l'oxide est au contraire très-divisé, tel que celui que l'on obtient par le moyen du chlore, l'oxide rouge a une couleur claire qui diffère peu de celle du peroxide de fer le plus brillant.

10g de cet oxide ayant été chauffés dans un creuset brasqué de charbon, à la plus haute température que puisse produire une forge d'essai, pendant quatre heures, se sont complètement réduits, et ont donné un culot de manganèse métallique du poids de 7g,34 : ce culot était compacte dans sa plus grande partie et un peu scoriforme à sa surface, très-cassant, et susceptible même d'être réduit en poudre sous le pilon, à cassure grenue et éclatante, et d'un gris beaucoup plus blanc que la fonte de fer. La perte 2,66 indique la proportion de l'oxigène : elle est un peu plus faible que celle qu'a trouvée M. Berzelius, probablement parce que le manganèse retient une petite quantité de carbone en combinaison comme le fer, etc.

L'acide nitrique concentré et bouillant agit promptement sur l'oxide rouge de manganèse ; il le brunit d'abord, et si l'on fait bouillir pendant quelque temps, le résidu devient d'un noir parfait. Ce résidu n'est point du deutoxide, mais du peroxide, ainsi que M. Gay-Lussac l'avait observé ; car, après avoir été bien des-

séché, il perd, par une forte calcination, 0,10 à 0,12 de son poids, tandis que le deutoxide ne perdrait que 0,033. La proportion qu'on en obtient est telle qu'elle produit par la calcination une quantité d'oxide rouge égale aux 0,35 de l'oxide employé. Il me semble, d'après cela, qu'il est beaucoup plus naturel de considérer l'oxide rouge comme composé de deux atomes de protoxide et d'un atome de peroxide, ou de

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Protoxide,} & 0{,}621 \\ \text{Peroxide,} & 0{,}379\end{array}\right\} 2\ddot{Mn} + \ddddot{Mn},$$

que de le regarder comme formé d'un atome de protoxide et de deux atomes de deutoxide, ou de

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Protoxide,} & 0{,}297 \\ \text{Deutoxide,} & 0{,}703\end{array}\right\} \ddot{Mn} + 2\dddot{Mn}.$$

Je suis d'autant plus porté à préférer la première supposition que le peroxide a déjà été trouvé jouant le rôle d'acide dans les minerais de manganèse barytiques, et qu'il est conforme à l'analogie que cet oxide ait plus de tendance à jouer ce rôle que le deutoxide. Au surplus, on peut représenter la composition de l'oxide rouge par la formule $Mn^{\frac{8}{3}}$, qui est indépendante de toute hypothèse.

Il est assez difficile d'obtenir soit le deutoxide, soit le peroxide parfaitement pur : l'un de ces oxides est presque toujours mélangé avec une petite proportion de l'autre ; mais ils existent isolément parmi les minéraux.

Pour obtenir le deutoxide, il faut chauffer le nitrate de manganèse au rouge sombre pendant un temps assez long pour décomposer tout le peroxide, et maintenir la

température à ce degré, afin que le deutoxide ne puisse pas se décomposer lui-même. L'acide nitrique concentré attaque assez facilement cet oxide, et le change en protoxide qui se dissout, et en peroxide qui forme un résidu.

Il y a deux manières de préparer le peroxide : 1° en traitant l'oxide rouge par l'acide nitrique concentré et bouillant, comme il a été dit plus haut; 2° en décomposant le nitrate par la chaleur. L'oxide obtenu par le premier moyen est d'un très-beau noir; mais il perd un peu d'oxigène lorsqu'on le dessèche trop fortement.

Le nitrate de manganèse chauffé graduellement jusqu'au rouge naissant donne un oxide tenace, dur, d'un noir métalloïde comme certains peroxides natifs. Pour avoir cet oxide bien pur et exempt de nitrate, il est bon de le broyer, de le laver avec de l'acide nitrique concentré à chaud, et de le calciner de nouveau avec précaution en l'agitant continuellement. Il perd par la calcination 0,118 à 0,120 d'oxigène, en se transformant en oxide rouge. Il abandonne déjà de l'oxigène à la chaleur rouge sombre, et lorsqu'on le tient exposé à cette température pendant un temps suffisant, il finit par se transformer en totalité en deutoxide. Le peroxide natif se comporte absolument de la même manière dans les mêmes circonstances. Du peroxide cristallisé d'Allemagne, et perdant 0,12 à 0,13 de son poids par une forte calcination, ayant été chauffé pendant une demi-heure au rouge sombre, n'a plus perdu ensuite, par la calcination, que 0,06 : il était devenu brun sans avoir perdu de son éclat métallique; il n'était qu'en partie changé en deutoxide.

L'acide nitrique, même concentré, est sans action à froid sur le peroxide de manganèse; mais à la chaleur de l'ébullition, il en dissout une petite quantité qu'il ramène à l'état de protoxide avec dégagement de gaz oxigène. Après une heure d'ébullition, la portion dissoute s'élève au plus aux 0,06 de l'oxide employé.

L'oxide rouge, le deutoxide et le peroxide de manganèse sont très-facilement ramenés à l'état de protoxide par le charbon; il suffit pour cela de les chauffer dans un creuset brasqué à la chaleur blanche. En opérant sur un oxide en morceaux, on peut facilement déterminer la quantité d'oxigène qui se dégage. J'ai fait cette expérience sur du peroxide métalloïde de Crettnich : un morceau de ce minéral, pesant 20g, et que je savais contenir, 1g de gangue pierreuse, 0g,2 d'eau, et par conséquent 18g,80 de peroxide pur, ayant été chauffé dans un creuset brasqué, s'est réduit à 15g,38, et s'est transformé entièrement en protoxide sans se désagréger : en retranchant de la perte 3g,62, les 0g,2 d'eau, il reste 3g,42 d'oxigène qui proviennent de 18,80 de peroxide, ce qui équivaut à 0,1802 : or, d'après les expériences de M. Berzelius, cette quantité d'oxigène devrait être de 0,1799. Il est impossible d'obtenir deux résultats plus rapprochés.

Ainsi le peroxide perd 0,18 d'oxigène en se transformant en protoxide, et 0,12 en se transformant en oxide rouge, et l'oxide rouge contient 0,734 au plus de métal. Ces données suffisent pour déterminer la composition des trois oxides, et font voir que cette composition est exactement telle que MM. Berzelius et Arfvedson l'ont déterminée. Je n'ai fait aucune expérience sur le deutoxide.

Lorsque l'on fait passer un courant de chlore à travers de l'eau qui tient en suspension du carbonate de manganèse récemment précipité ou même simplement pulvérulent, ce carbonate brunit promptement, l'acide carbonique s'en dégage, et il se forme du muriate de manganèse et un hydrate ayant pour base un oxide supérieur au protoxide. Si l'on fait passer dans la liqueur un tel excès de chlore qu'après vingt-quatre heures de repos elle en contienne encore de libre, l'hydrate formé est à base de peroxide : si, au contraire, on n'emploie pas assez de chlore pour faire disparaître tout le carbonate, il peut ne se former que de l'hydrate de deutoxide; mais le plus souvent on obtient un mélange des deux hydrates, parce qu'il arrive que le chlore agit sur le deutoxide avant d'avoir pu pénétrer jusqu'au centre des petits grains de carbonate pour en opérer la décomposition.

On sépare aisément le carbonate de manganèse qui peut rester mélangé avec l'un ou l'autre hydrate au moyen de l'acide acétique ou de l'acide nitrique affaibli, qui n'attaquent aucunement ces hydrates à froid.

Les deux hydrates ont le même aspect : ils se présentent sous la forme d'une poudre volumineuse, très-légère, remplie de petites paillettes brillantes. Cette poudre, égouttée sur un filtre, retient une très-grande quantité d'eau. Par la dessiccation au bain-marie, elle ne diminue pas de volume et ne s'agglomère pas : elle est d'un brun foncé et très-tachante.

Pour en faire l'analyse, j'en ai d'abord fortement calciné une certaine quantité, ce qui m'a donné la proportion d'oxide rouge produit et la proportion de l'eau

et de l'oxigène dégagés ; puis j'en ai distillé une autre portion dans une petite cornue de verre que j'ai chauffée graduellement jusqu'au rouge naissant, et à laquelle j'avais adapté un tube de verre très-léger et bien sec. J'ai forcé toute l'eau à se condenser dans ce tube, en exposant successivement à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin les parties du col de la cornue dans lesquelles j'apercevais des gouttelettes de liquide. Le tube ayant été exactement pesé d'avance, il n'a fallu qu'en prendre de nouveau le poids après l'opération pour avoir la proportion exacte de l'eau. Pour vérification, j'ai recueilli le résidu de la distillation, je l'ai pesé et je l'ai amené à l'état d'oxide rouge par une calcination convenable. J'ai trouvé que pendant la distillation il se dégage du quart au tiers de la quantité d'oxigène que l'oxide peut perdre pour se transformer en oxide rouge. Le gaz oxigène commence à se dégager en même temps que l'eau, même à la chaleur sombre : on peut s'en assurer en chauffant à cette température une certaine quantité d'hydrate dans un tube étroit ; l'eau commence à peine à se déposer sur les parois du tube que celui-ci se trouve rempli de gaz oxigène.

L'hydrate préparé avec un excès de chlore et bien desséché dans une étuve chauffée par de la vapeur d'eau, m'a donné, pour résultat moyen d'un grand nombre d'expériences :

Oxide rouge,	0,77
Oxigène,	0,11
Eau,	0,12.

Or, d'après M. Berzelius, 0,770 d'oxide rouge et

0,106 d'oxigène forment du peroxide; l'hydrate analysé est donc un hydrate de peroxide; mais cet hydrate ne contient pas l'eau dans un rapport atomique très-simple : effectivement on trouve que l'eau renferme une quantité d'oxigène égale à celle qui se dégage par la calcination : or, cette quantité est le tiers de celle que contient le peroxide. La formule de l'hydrate est donc :

$$\ddot{M}n + \frac{4}{3} Aq.$$

Les hydrates préparés avec une quantité de chlore insuffisante pour les amener à l'état d'hydrate de peroxide, et purgés de carbonate de manganèse au moyen de l'acide nitrique faible, m'ont tous donné à-peu-près 0,12 d'eau, et de 0,04 à 0,08 d'oxigène; ce sont donc des mélanges, ainsi que je l'ai annoncé plus haut. L'hydrate de deutoxide pur ne devrait donner qu'environ 0,03 de ce gaz.

Lorsqu'on fait bouillir de l'acide nitrique un peu concentré sur de l'hydrate de deutoxide ou sur l'hydrate de peroxide de manganèse, il s'en dissout une partie avec dégagement d'oxigène, et il se forme un hydrate de peroxide qui contient moins d'eau que celui qui est produit immédiatement par le chlore. Ce nouvel hydrate, bien lavé et desséché à l'étuve, est en morceaux compactes, tenaces, faisant pâte sous le pilon, à cassure terreuse et d'un noir un peu brun. Je l'ai trouvé composé de

Oxide rouge,	0,840;
Oxigène,	0,115;
Eau,	0,045.

Il paraît donc contenir trois fois moins d'eau que le premier : cependant l'analyse s'approche également de la composition qui est exprimée par la formule

$$\ddot{M}n + \tfrac{1}{2} Aq.$$

Examen *de plusieurs bézoards vomis par une fille.*

Par M. Henri Braconnot.

On rencontre dans l'estomac ou dans les intestins de certains herbivores différens calculs que l'on a désignés sous le nom de *bézoards*, et auxquels on a quelquefois attaché un prix considérable et de merveilleuses propriétés ; mais les intestins de l'homme et des carnivores n'avaient encore offert que quelques concrétions biliaires. M. le Dr Champion, médecin distingué de Bar-le-Duc, vient de m'envoyer une assez grande quantité de bézoards dont l'analyse m'a fourni un résultat extraordinaire. Une fille âgée de trente-six ans, non réglée et d'un aspect cachectique, vomit du sang chaque jour : ce sang, rendu quelquefois sous la forme de caillot, contient assez souvent les concrétions dont il s'agit. Elle urine très-peu, et c'est depuis le ralentissement dans la sécrétion des reins que les concrétions ont paru avec l'hématémèse supplémentaire des règles (1).

---

(1) M. Champion pense que ces concrétions viennent du tube digestif ; elles sont en effet quelquefois évacuées par

Ces bézoards, tuberculeux à leur surface, ont la forme des pralines et la grosseur de petites noisettes ; ils sont colorés à l'extérieur en brun-rougeâtre par du sang, et n'offrent aucune couche concentrique dans leur intérieur, qui est d'un blanc jaunâtre un peu fauve ; ils semblent formés de petites portions grenues, brillantes, comme cristallines lorsqu'on les regarde au soleil. Leur tissu, quoiqu'en général assez serré, est quelquefois un peu poreux à-peu-près comme les cellules de la moelle des os. D'ailleurs ils se laissent tailler par un instrument tranchant à la manière du bois, et en ont aussi l'aspect ; en les examinant avec attention, ils m'ont offert, à l'une de leurs extrémités, une dépression infundibuliforme souvent remplie par du sang desséché : cette sorte d'entonnoir communique, à l'intérieur de chaque bézoard, à un tuyau régnant dans toute leur longueur ; quelquefois cependant ce tuyau est comblé en partie, et même en totalité ; ce qui ne devait plus permettre à la liqueur qui les abreuvait de pénétrer à travers leur substance. Parmi ces bézoards, j'en ai rencontré deux qui étaient creusés à l'intérieur comme de petites géodes ; mais aucun ne m'a offert de noyau bien distinct ; ils sont spécifiquement plus pesans que l'eau. Pour avoir des notions exactes sur leur nature, j'ai gratté leur surface afin d'enlever la plus grande partie du sang desséché qui la recouvrait. C'est dans cet état que je les ai soumis aux expériences suivantes :

Pulvérisés grossièrement et mis en ébullition avec

---

l'anus. *Voyez* page 128 du *Voyage médical en Italie*, par le Dr Valentin, qui a vu la malade à son passage à Bar.

de l'eau, la liqueur n'a fourni par l'évaporation qu'un léger résidu qui contenait un acide libre, du muriate de soude et de potasse, un phosphate alcalin et une petite quantité de matière animale indiquée par l'infusion de noix de galle. Ces bézoards, privés de la petite quantité de matière soluble dans l'eau, ont été traités avec une dissolution de potasse bouillante qui a montré peu d'action sur eux; cependant il en est résulté une liqueur brune dans laquelle l'acide hydro-chlorique a formé un léger précipité divisé qui ne contenait point d'acide urique, ainsi qu'on l'avait supposé dans ces bézoards. Ainsi épuisés par l'eau bouillante et par la potasse, ils avaient peu perdu de leur poids; broyés encore humides avec de l'acide sulfurique concentré, ils ont fourni un mucilage épais, lequel, dissous dans l'eau, s'est converti en sucre après quelques heures d'ébullition.

L'acide hydro-chlorique n'a pas montré d'action sur ces bézoards : 2 grammes de ces derniers, traités par l'acide nitrique, ont fourni près de 0,4 grammes d'acide oxalique cristallisé, une petite quantité de jaune amer, et une matière blanche insoluble, laquelle, bien lavée sur un filtre, ressemblait à de l'amidon cuit; elle s'est facilement dissoute dans l'ammoniaque affaiblie, d'où les acides l'ont précipitée sous la forme d'une gelée transparente et incolore; desséchée, elle ressemblait à de la corne; mais elle n'est point azotée, brûle avec peu de flamme, et paraît contenir beaucoup de carbone.

Ces bézoards, exposés à une bougie, brûlent avec flamme, mais sans répandre l'odeur fétide qui caractérise les matières animales. 4 grammes de ces concrétions lapidiformes ont été distillés à un feu gradué, dans une

cornue de verre, sans qu'il se soit formé aucun sublimé ; on a obtenu un produit liquide qui consistait en 0,5 grammes d'une huile brune empyreumatique, et 1,7 grammes d'un liquide jaunâtre qui rougissait fortement le papier teint en bleu par le tournesol : délayé avec de la potasse, il a développé une odeur d'ammoniaque. Il est resté dans la cornue 1,1 gramme de charbon, lequel, brûlé au contact de l'air, a laissé 0,14 grammes d'une cendre grise qui a été lavée à l'eau ; la liqueur a fourni par évaporation à siccité un résidu salin du poids de 0,08 grammes ; redissous dans l'eau, il a cristallisé en petits cubes, qui étaient pour la plus grande partie du chlorure de sodium, mélangé à du chlorure de potassium : ces sels retenaient aussi des traces d'un sulfate, ainsi qu'un carbonate ; car ils rappelaient au bleu le papier coloré en rouge par le tournesol, et faisaient une légère effervescence avec l'acide acétique.

La cendre, réduite par la lixiviation au poids de 0,06 grammes, a été traitée par l'acide hydro-chlorique qui l'a dissoute avec effervescence, à l'exception de 0,02 grammes de silice. L'ammoniaque versée dans la dissolution en a séparé d'abord du phosphate de chaux, et le carbonate de potasse en a précipité ensuite une petite quantité de carbonate de chaux.

Il résulte des faits précédens, que les bézoards vomis par la fille de Bar-le-Duc ont absolument toutes les propriétés du bois ; ils ont une grande ressemblance avec ceux qui se trouvaient parmi les présens envoyés en France par le roi de Perse, et qui ont été examinés par

M. Berthollet (1). Mais il est à remarquer que ces bézoards orientaux étaient facilement solubles dans la potasse, tandis que les nôtres ne s'y dissolvent qu'en très-petite quantité ; ce qui semblerait devoir les rapprocher davantage du bois le plus parfait. Mais en vertu de quelle puissance une matière dure et compacte, du bois en un mot, a-t-il pu être sécrété dans l'estomac ou dans les intestins de cette fille ? Serait-ce à l'aide d'une matière muqueuse analogue au cambium de Duhamel ? Quoi qu'il en soit, il paraît, à la structure de ces concrétions, qu'elles n'ont pu être formées que par un liquide dans lequel les molécules de matière ligneuse, en se consolidant sous la forme de petits grains cristallins, se sont réunis par une force attractive, et ont ainsi donné naissance à ces masses ligneuses lapidiformes.

Email *noir obtenu avec le platine.*

Mêlez du chlorure de platine dissous dans l'eau avec du nitrate de mercure neutre, et exposez le précipité qui se formera à une chaleur seulement suffisante pour volatiliser le proto-chlorure de mercure ; vous obtiendrez une poudre noire qui, appliquée avec un fondant, donne un bel émail noir.

---

(1) *Mémoires de Physique et de Chimie de la Société d'Arcueil*, t. II, p. 448.

Sur *l'Etendue finie de l'atmosphère.*

Par Mr W. H. Wollaston,
Vice-Président de la Société Royale de Londres.

Le passage de Vénus, très-près du Soleil, dans sa conjonction supérieure, au mois de mai 1821, ayant fourni l'occasion d'examiner si l'on pourrait découvrir au soleil quelque apparence d'atmosphère, j'ai l'espérance que le résultat de ma recherche sur cet objet, et l'exposé des motifs qui me l'ont suggérée, mériteront quelque place dans les *Mémoires de la Société Royale.*

Lorsqu'on cherche à estimer la hauteur probable à laquelle s'élève l'atmosphère de la terre, aucun phénomène produit par sa force réfringente, dans les directions sous lesquelles nous pouvons l'observer, ou par la réflexion des vapeurs qui y sont suspendues, ne peut nous mettre en état de décider la question.

D'après la loi de son élasticité, loi qui s'exerce dans certaines limites, nous connaissons le degré de raréfaction qui correspond à différentes hauteurs, à partir de la surface du sol; et si nous admettons que l'air a pu être raréfié jusqu'à ne soutenir que $\frac{1}{100}$ de pouce de mercure, et que cette donnée est la mesure exacte de sa rareté, on pourrait inférer de la loi de décroissement connue que l'atmosphère s'étend en hauteur jusqu'à 40 milles, sans rien perdre de sa propriété élastique à ce degré extrême de raréfaction. Au-delà de cette limite s'ouvre le champ des conjectures fondées sur la divisibilité supposée de la matière; et si elle est indéfiniment

divisible, l'étendue de l'atmosphère sera de même indéfinie ; car si la densité est toujours comme la force comprimante, alors, à toute hauteur, il doit exister une tranche d'épaisseur donnée, comprimée par les tranches supérieures, en rapport constant avec son propre poids, quelle que soit sa distance à la terre. Mais si les dernières particules de l'air cessent d'être divisibles, dans ce cas, l'expansion du milieu composé de telles particules doit cesser à la distance où la force de pesanteur exercée de haut en bas sur une molécule donnée est égale à la résistance due à la force répulsive du milieu.

Dans cette dernière supposition d'une divisibilité limitée, on peut concevoir l'atmosphère qui nous entoure comme un milieu d'étendue finie, et qui serait particulier à notre planète, puisque ses propriétés ne nous donnent point lieu de présumer qu'il existe une matière semblable sur toute autre planète. Mais si nous admettons l'hypothèse d'expansion illimitée, nous devons concevoir que cette matière se developpe indéfiniment dans l'espace, où elle ne se trouverait en équilibre que dans le cas où le soleil, la lune et toutes les planètes posséderaient leur part de fluide condensé autour de ces corps, dans des degrés correspondans à l'énergie de leurs attractions respectives ; sauf les cas où la tendance à l'accumulation serait contre-balancée par l'influence de quelque autre espèce de matière, ou de quelques forces à nous inconnues, et sur lesquelles nous ne pouvons raisonner.

Maintenant, quoique les moyens nous manquent pour fixer l'étendue de notre propre atmosphère, celles des autres planètes peuvent devenir les objets de recherches

astronomiques ; et c'en est une qui n'est pas sans intérêt que d'examiner s'il n'y a pas des cas dans lesquels on peut prouver la non-existence d'une pareille enveloppe, et tirer de là des conclusions en faveur des derniers atomes de la matière en général ; car, puisque la loi des proportions déterminées découverte par les chimistes est la même pour toutes les formes de la matière, solide, liquide ou élastique ; si l'on peut établir qu'un corps donné est composé de particules ultérieurement indivisibles, on ne pourra guère douter que tous les autres corps ne soient constitués de même ; et on conclura légitimement que ces quantités équivalentes, que nous avons appris à désigner et à apprécier par des nombres proportionnels, expriment bien réellement les poids relatifs des atomes élémentaires qui sont le *non plus ultrà* des recherches et des décompositions chimiques.

Ces réflexions ont été occasionées à l'ouïe d'une opinion hasardée sans un examen suffisant, savoir : que la non-existence d'une atmosphère appréciable autour de la lune pourrait être considérée comme un argument contre la divisibilité indéfinie de la matière. Il avait échappé à l'auteur de cette opinion la considération que la quantité de matière que la lune retiendrait autour d'elle ne pourrait être rendue sensible par aucun des instrumens d'astronomie inventés jusqu'à présent ; car, puisque l'existence d'une atmosphère de divisibilité indéfinie à la surface de cette planète dépendrait de sa force de gravitation sur ce point, elle ne serait pas plus grande que celle de notre atmosphère dans la région où l'attraction de la terre est égale à celle de la lune à sa surface : or, à cette hauteur, qu'un calcul fort simple éta-

blit à environ 5000 milles de la surface de notre globe, il est évident que notre atmosphère est insensible ; ainsi nous ne devons pas nous attendre à en apercevoir une de même rareté autour de la lune.

C'est donc évidemment dans une direction opposée que nous devons chercher un moyen d'instruction ; nous devons d'abord examiner le corps dont la force d'attraction est la plus énergique, et voir si, même autour de lui, la non-apparence des phénomènes que devrait produire la présence d'une atmosphère autorise la conclusion que la nôtre nous appartient exclusivement, à raison de la limite établie à sa divisibilité.

Par l'inverse de la même règle qui nous donne la mesure de l'extrême rareté à la surface de la lune, nous pouvons nous former une idée de la distance autour du soleil à laquelle la réfraction due à la condensation d'une atmosphère deviendrait perceptible. Si nous calculons à quelle distance apparente du corps du soleil sa force est égale à celle de la pesanteur à la surface de notre planète, ce sera là que cette force attractive suffira à accumuler, aux dépens du milieu indéfiniment divisible qu'on supposerait disséminé dans l'espace, une atmosphère (1) au moins égale en densité à la nôtre, et qui

(1) Une pareille atmosphère serait, dans le fait, d'une densité plus grande que celle de notre terre, à cause de l'étendue bien autrement grande du milieu affecté par l'attraction solaire, quoique sa rareté fût extrême. Mais l'addition due à cette cause peut être négligée dans le cas présent sans que l'argument, qui ne repose point sur de légères différences, perde de sa force. (A.)

par conséquent produirait une réfraction de plus d'un degré sur les rayons de lumière qui la traverseraient obliquement.

Si l'on considère la masse du soleil comme égale à 330000 fois celle de la terre, la distance à laquelle sa force sera égale à celle de pesanteur sur notre globe sera $\sqrt{330000}$, ou environ 575 fois le rayon de la terre; et si le rayon du soleil est $= 111{,}5$ fois celui de la terre, cette distance sera $\frac{575}{111{,}5}$ ou 5,15 fois le rayon du soleil, et $15'.49'' \times 5{,}15 = 1^{\circ}.21'.29''$ sera la distance apparente du centre du soleil, ou l'arc d'élongation qui avait lieu le 23 mai, là où les observations suivantes furent faites.

Il sera temps de considérer ce qu'il y a à changer au résultat à raison de la température, quand nous aurons établi la valeur de la réfraction à une distance donnée; et nous pourrons alors essayer de conjecturer si la chaleur peut contrarier l'accroissement de densité qui résulterait d'une diminution de $\frac{1}{10}$ de seconde seulement dans la distance à son centre (1).

---

(1) Si nous essayons de raisonner sur la condensation d'une pareille atmosphère à mesure qu'elle s'approcherait du soleil, nous sommes bientôt arrêtés par le défaut d'expériences sur les degrés de condensation dont notre atmosphère est susceptible. Si nous supposons que la loi communément reçue (de Boyle) s'étend en profondeur jusqu'à quarante-six milles, la densité qu'on trouvera sera à-peu-près égale à celle du mercure, d'où résulterait une réfraction qui passerait toutes les bornes d'un calcul raisonnable : or, un espace de 46 milles vu à la distance du soleil soutendrait un angle d'environ $\frac{1}{50}$ de seconde. (A.)

Comme je ne possédais aucun instrument bien propre à l'objet que j'avais en vue, je priai quelques astronomes de mes amis de m'aider à surveiller les approches de Vénus au soleil, pendant quelques jours avant sa conjonction supérieure, et quelques jours après; mais ni l'astronome royal à Greenwich, ni le Prof. Brinkley, de Dublin, ni M. South, avec les admirables instrumens qu'ils possèdent, n'ont pu faire aucune observation dans cette période, n'ayant pas les appareils particuliers propres à cette recherche.

Mais le capitaine Kater, qui entra pleinement dans mes vues, et qui s'engagea à les poursuivre avec toute l'ardeur nécessaire au succès, employant un télescope de réflexion, put me procurer une série importante d'observations, $3\frac{1}{2}$ jours avant la conjonction, qui, réunies à celles dans lesquelles j'eus moi-même le bonheur de réussir, dans un intervalle à-peu-près égal, après cette époque, fournissent des données très-suffisantes pour montrer que l'effet de la réfraction était insensible à l'époque de nos observations; et elles avaient lieu bien en dedans de la région solaire indiquée.

Le tableau suivant renferme des observations choisies dans les séries que m'a communiquées le capitaine Kater :

1821.		Diff. Asc. dr.	Diff. calc. du Naut. Alm.
Mai 18	2h 40′ 25″	4′ 25″,6	......
	21 30 50	3 43,1	......
	23 27 58	3 38,8	......
19	0 0 0	....	3′ 37″
		Diff. decl.	
Mai 18	2 44 33	45′ 56″	......
	23 19 40	40 57	......
19	....	......	40 36

Il est évident que, dans ces observations, les différences entre les lieux de la planète observés, et ceux indiqués par le calcul, ne montrent pas un effet sensible de la réfraction.

Mes propres observations furent en très-petit nombre, et nullement comparables aux premières en précision; mais elles rempliront un vide correspondant à une époque dans laquelle le capitaine Kater se trouvait forcément à une distance de ses instrumens, qui ne lui permettait pas d'en faire usage.

Le 26 mai, entre 11 h. 20′ et 11 h. 30′, j'obtins trois observations comparatives, dont la meilleure me donna le passage de Vénus 3′.55″ après le soleil; la moyenne des deux autres me donna 3′.49″. Je considère le résultat comme donnant, pour le 25, à 23 h. 24′, la différence d'asc. dr. entre Vénus et le soleil = 3′.52″.

Le *Nautical almanach* donnant, pour le passage de Vénus au méridien, ce jour-là, 3′.53″ après le soleil, il est évident que la réfraction d'une prétendue atmosphère solaire ne produisait, dans ce cas, aucun effet appréciable.

D'après les observations du capitaine Kater, on ne peut découvrir aucun ralentissement dans le mouvement apparent de Vénus s'approchant de la conjonction; et l'effet de la réfraction augmentée par le voisinage toujours croissant aurait dû se montrer par ce phénomène s'il avait existé réellement. D'après la comparaison de son mouvement dans l'intervalle compris entre sa dernière observation et la mienne, avec son mouvement apparent dans le même intervalle, calculé d'après le *Nautical almanach*, on ne voit aucun lieu quelconque

de supposer que ce mouvement apparent ait été le moins du monde influencé par la réfraction au travers de l'atmosphère solaire, quoique la distance apparente de la planète, à l'époque de la dernière observation du capitaine Kater, ne fût que de 65′. 50″ du centre du soleil; et de 53′. 15″ seulement à l'époque de la mienne.

Quoique ces distances paraissent peu considérables, je trouve que Vénus a été aperçue encore plus près du soleil dans la conjonction supérieure, par M. Vidal, de Toulouse, en 1805 (1). Le 30 mai, il observa Vénus 3′. 16″ après le soleil, la différence de déclinaison des deux astres n'étant en ce moment que d'une seule minute, de manière que la distance apparente de la planète au centre du soleil n'était alors que de 46′ de degré, ou environ 30′ du bord de cet astre.

Puisque ses observations s'accordent aussi avec les lieux de Vénus calculés, j'aurais pu me dispenser d'en faire du même genre si j'avais songé à temps aux conclusions qu'on pouvait tirer des siennes.

Le même habile astronome a fait aussi, le 31 mars de la même année, une observation de mercure en conjonction, à la distance d'environ 65′ du centre du soleil.

Si j'entreprenais de décrire la petite lunette que j'ai employée dans mes observations sans expliquer avec soin les précautions que j'ai prises, et mes raisons pour les croire efficaces, on aurait peine à se persuader qu'avec un objectif de moins d'un pouce de diamètre et de sept pouces seulement de foyer, je pouvais découvrir un objet qu'on n'aperçoit pas avec des lunettes de quatre et cinq

---

(1) *Connaissance des Temps*, 1808.

pouces d'ouverture. Nous savons pourtant que cette petite ouverture suffit largement pour voir Vénus lorsqu'elle est un peu distante du soleil; et puisque ce qui empêche surtout qu'on ne la découvre lorsqu'elle en est plus voisine, est la fausse lueur qui tombe sur l'objectif, le succès de l'observation dépend entièrement du mode d'application d'un écran qui intercepte sur ce verre toute lumière indirecte, chose bien plus facile à exécuter avec une petite lunette qu'avec une grande.

L'écran que j'employais était à environ six pieds de mon objectif; et si j'avais voulu obtenir un effet analogue pour une ouverture de cinq pouces, il aurait fallu mettre mon écran à trente pieds de la lunette. On n'a pas, dans les observatoires ordinaires, des appareils de ce genre applicables au besoin.

Comme j'espère appliquer, dans quelque autre occasion, une lunette d'une plus grande ouverture à ce genre d'observations, sans toutefois être obligé de placer un écran aussi loin, peut-être est-il à propos d'indiquer ici à ceux qui croiraient la question que j'ai cherché à résoudre susceptible d'une recherche ultérieure, comment ils pourront s'y prendre pour obtenir plus facilement l'effet desiré.

Si l'on couvre un objectif de quatre pouces de diamètre de manière à ne laisser libre qu'une bande verticale d'un pouce de large, la surface du verre qui reste active est environ cinq fois aussi grande que l'ouverture circulaire d'un pouce; et cependant elle sera aussi complètement abritée par un écran vertical à une distance quelconque que ne l'est la petite ouverture; et un intervalle de cinq pieds seulement entre l'écran et la lunette

laissera voir une étoile ou une planète, à la distance d'un degré seulement du disque solaire.

Lorsque le soleil et la planète sont à-peu-près dans le même parallèle, la situation de l'écran dans laquelle l'ouverture forme une fenêtre verticale est évidemment la plus avantageuse aux environs du méridien ; mais pour voir le mieux possible quand la ligne qui joint les centres est inclinée à l'horizon, il faudrait pouvoir tourner l'écran et la fenêtre à la fois, à angles droits sur la direction donnée par la ligne des centres.

La seule étoile fixe assez voisine de l'écliptique, et assez brillante pour qu'on puisse espérer de la voir lorsqu'elle est voisine du soleil, est Régulus, qui passe avec lui au méridien entre le 20 et 21 août. Mais je n'ai pu encore établir à quelle distance du soleil cette étoile fixe est visible.

Dans les remarques qui précèdent, j'ai peut-être plus insisté sur les considérations relatives à l'atmosphère solaire, que ne peuvent le croire nécessaire les personnes qui se sont occupées des phénomènes ordinaires qu'on observe dans les occultations des satellites de Jupiter par le corps de la planète. Leur approche vers celle-ci, loin d'être sensiblement retardée par la réfraction, est régulière jusqu'à ce qu'ils arrivent au contact apparent. Ce fait montre qu'il n'existe pas autour de la planète cette étendue d'atmosphère que Jupiter devrait se former par l'attraction qu'il exercerait sur les molécules d'un milieu indéfiniment divisible qui remplirait l'espace.

Puisque la masse de cette planète est au moins égale à 309 fois celle de la terre, la distance à laquelle son attraction doit égaler celle de gravité doit être comme

$\sqrt{309}$, ou environ 17,6 fois le rayon de la terre; et puisque son diamètre est environ onze fois plus grand que celui de la terre, $\frac{17,6}{11} = 1,6$ fois son rayon, sera la distance de son centre à laquelle une atmosphère égale à la nôtre occasionerait une réfraction d'un degré. A la distance du quatrième satellite, cette distance soutendrait un angle d'environ 3°,37′, de manière qu'une augmentation de densité égale à $3\frac{1}{2}$ fois notre atmosphère ordinaire serait plus que suffisante pour rendre le quatrième satellite visible lorsqu'il est derrière le centre de la planète, et par conséquent pour le faire paraître à la fois sur deux côtés opposés, et même tout autour de la planète principale.

L'espace d'environ six milles de profondeur dans l'intérieur duquel s'opérerait cet accroissement de densité, selon les lois connues de la pression barométrique, ne soutendrait pas à notre œil plus de $\frac{1}{300}$ de seconde de degré, quantité absolument négligeable dans une estimation dans laquelle on a accordé tant de latitude à toutes les sources imaginables d'erreur.

Maintenant, quoique, dans ce qui concerne l'atmosphère solaire, on puisse conserver quelque doute en conséquence des effets possibles de la chaleur, dont on ne peut se faire une idée juste, il est évident qu'on ne peut craindre aucune erreur provenant de cette source à l'égard de Jupiter : or, comme cette planète ne jouit certainement pas de sa portion d'une atmosphère qui, dans la supposition d'une divisibilité indéfinie, serait arrivée jusqu'à elle, on ne peut soutenir la présence universelle d'un pareil milieu; tandis que, au contraire,

tous les phénomènes s'accordent avec la supposition que l'atmosphère terrestre est d'une étendue finie, et limitée par le poids individuel des derniers atomes de grandeur définie, qui ne sont plus séparables par la répulsion de leurs parties.

(Tiré de la *Biblioth. univ.*)

RÉSULTATS *des expériences faites, par ordre du Bureau des Longitudes, pour la détermination de la vitesse du son dans l'atmosphère.*

LES physiciens ont déjà fait un grand nombre d'expériences pour déterminer la vitesse avec laquelle le son se propage dans l'atmosphère ; mais leurs résultats présentent des discordances considérables et fort supérieures aux incertitudes dont ce genre d'observations paraît susceptible. Ces discordances, il n'est guère permis d'en douter, ont dépendu, le plus ordinairement du moins, de l'influence du vent. Il n'existe qu'un moyen certain de se mettre tout-à-fait à l'abri de cette cause d'erreur, et qui consiste à produire deux sons pareils au même instant dans deux stations, et à observer, dans chacune d'elles, le temps que le son de la station opposée emploie à y arriver : le vent produisant alors des effets contraires sur les deux vitesses, la moyenne des résultats doit être aussi exacte que si l'atmosphère avait été parfaitement tranquille.

Cette méthode avait déjà été indiquée par les académiciens de Paris dans les célèbres expériences de 1738 ;

mais malheureusement il n'y a dans leur Mémoire que deux observations véritablement réciproques ; à quoi il faut ajouter, comme nouvelle cause d'incertitude, que nous n'avons qu'une connaissance assez imparfaite de l'état thermométrique de l'atmosphère durant les expériences, et qu'à la station de Montlhery, surtout, les moyens employés pour noter l'instant de l'apparition du feu et celui de l'arrivée du son, n'avaient pas toute la précision désirable.

D'après ces considérations, le Bureau des Longitudes, sur la proposition de M. de Laplace, décida, dans l'une de ses dernières séances, que les expériences seraient répétées par une Commission prise dans son sein, et composée de MM. de Prony, Bouvard, Mathieu et moi. Le Bureau invita à s'adjoindre à la Commission M. de Humboldt, qui, dans ses voyages, s'était déjà occupé d'observations analogues ; et M. Gay-Lussac, dont les expériences récentes sur la chaleur spécifique de l'air ont servi de base à la nouvelle détermination théorique de la vitesse du son que M. de Laplace a obtenue, et qui consiste à multiplier la formule newtonienne par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante, à cette chaleur spécifique sous un volume constant. M. le maréchal duc de Raguse voulut bien, dans cette circonstance, nous donner une nouvelle preuve de l'intérêt qu'il a toujours porté aux progrès des sciences, en se chargeant de demander lui-même aux Ministres de la Guerre et de l'Intérieur les autorisations dont la Commission avait besoin pour tirer le canon, au milieu de la nuit, dans les environs de la capitale, et en mettant à

notre disposition deux pièces de six, pourvues de toutes les provisions nécessaires, et servies par des artilleurs de la Garde royale.

Nos premières épreuves, comme on le verra dans la table ci-jointe, eurent lieu le 21 juin dernier. Dès le matin, MM. de Humboldt, Gay-Lussac et Bouvard étaient partis pour Montlhery. M. de Laplace fils, lieutenant-colonel dans l'artillerie de la Garde, qui avait porté la complaisance, afin que toutes les expériences fussent rigoureusement comparables, jusqu'à surveiller lui-même la confection des gargousses de deux et de trois livres de poudre dont on devait se servir, voulut bien se joindre à cette partie de la Commission : le canon fut installé à Montlhery par les soins de M. le capitaine Pernetty. Dans le même temps, nous nous rendions, MM. de Prony, Mathieu et moi, sur le point du territoire de Ville-Juif, qui, la veille, nous avait paru une station convenable. M. le capitaine Boscary vint nous y rejoindre dans la soirée avec une pièce de six. Les expériences commencèrent à onze heures. Le temps était serein et presque complètement calme : le peu de vent qu'il faisait soufflait de Ville-Juif à Montlhery, ou plus exactement du nord-nord-ouest au sud-sud-est.

A Ville-Juif, nous entendîmes parfaitement, MM. de Prony, Mathieu et moi, tous les coups de Montlhery : aussi n'apprîmes-nous pas sans étonnement, le lendemain, que le bruit du canon de notre station s'était à peine transmis jusqu'à l'autre. Quoi qu'il en soit de la cause de ce singulier phénomène, sept coups différens furent entendus à Montlhery. Nous les avons combinés (*voyez* la table) avec les coups correspondans observés

à Ville-Juif : or, si l'on remarque, dans la colonne des *moyennes*, l'accord des divers résultats, on ne pourra guère douter, je pense, que le nombre définitif qui en a été déduit ne soit exact à un ou deux dixièmes de seconde près. Au reste, il serait injuste de ne pas faire honneur de cette exactitude, du moins en grande partie, aux excellens moyens d'évaluer le temps que MM. Bréguet, avec leur libéralité accoutumée, avaient mis à notre disposition, et qui consistaient, pour Montlhery, en trois chronomètres à arrêt, dont l'un marquait jusqu'aux soixantièmes de seconde. A Ville-Juif, nous avions, M. Mathieu et moi, deux chronomètres du même genre, qui donnaient les dixièmes. Quant à M. de Prony, il comptait l'intervalle écoulé entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son, sur un chronomètre qui battait 150 coups par minute : il y avait donc, lorsque l'apparition du feu, par exemple, ne coïncidait pas avec le bruit de l'échappement, à faire l'*estime* de la petite différence. Notre confrère ne doute pas qu'avec de l'habitude on ne parvienne, par cette méthode, à évaluer un dixième de seconde, et j'avoue, d'après les résultats qu'elle lui a fournis, que je partage entièrement son opinion.

Durant toutes les expériences du 21, le canon de Ville-Juif était resté incliné à l'horizon sous un angle assez grand. Imaginant qu'on pouvait attribuer en partie à cette circonstance, l'affaiblissement singulier que le son avait éprouvé en se transmettant de cette station à Montlhery, nous plaçâmes la pièce, le lendemain 22, dans une situation parfaitement horizontale. Ce jour, comme le 21, nous entendîmes à merveille la totalité des coups qui fu-

rent tirés à Montlhery; tandis qu'à cette dernière station, un seul coup sur les douze de Ville-Juif fut entendu par MM. Gay-Lussac et Bouvard, et encore très-faiblement. Cette seconde expérience n'ajoutera donc rien, quant à la détermination de la vitesse absolue du son, aux résultats que nous avions obtenus la veille. Nous la rapporterons néanmoins dans tous ses détails, parce qu'elle donnera lieu à quelques remarques d'un autre genre. M. Rieussec, horloger distingué de Paris, étant venu, le 22 juin, essayer le *chronographe* à cadran mobile qu'il a imaginé (*voyez* les *Annales*, tome XVIII, page 391), nous avons inséré dans la table les déterminations que son ingénieux instrument lui a fournies.

TABLEAU *des coups correspondans observés à Montlhery et à Ville-Juif, le vendredi 21 juin 1822.*

MONTLHERY.							VILLE-JUIF.							DURÉE moyenne de la propag.	ÉTAT MOYEN des instrumens météorologiques.		
			Temps de la propag.	Therm.	Hyg.	Barom.				Durée de la propag.	Therm.	Hyg.	Barom.		Therm.	Hyg.	Barom.
10h. 30', Coup de 2 livr.	MM. Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	54",5	54",5	+16°,5	59°	754,9	10h. 25', Coup de 2 livr.	MM. Prony. Mathieu. Arago.	54",7 54",8 55",0	54",8	+16°,0	84°	757,3	54",7	16°,2	71°	756,1
10h. 40', 3 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	54",9 .... 55",0	54",9	16,5	59°	755,3	10h. 35', 3 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	54",8 55",2 55",0	55",0	15°,9	84°	757,31	55",0	16°,2	71°	756,3
11h. 0', 3 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	53",9	53",9	16,4	59°	755,6	10h. 55', 3 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	54",6 55",0 54",9	54",8	15°,4	85°	757,3	54",4	15°,9	72°	756,5
11h. 10', 2 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	.... 54",5 54",7	54",6	16,3	59°	755,6	11h. 5', 2 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	54",6 55",0 54",6	54",7	15°,4	85°	757,31	54",7	15°,8	72°	756,5
11h. 20', 3 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	54",3	54",3	16,3	59°	755,6	11h. 15', 3 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	54",6 55",0 55",0	54",9	15°,4	86°	757,32	54",6	15°,8	72°	756,5
11h. 30', 2 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	54",5	54",5	16,3	60°	755,6	11h. 25', 2 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	54",6 54",9 54",8	54",8	15°,1	87°	757,32	54",6	15°,7	73°	756,5
11h. 40', 3 livres.	Humboldt. Gay-Lussac. Bouvard.	54",1 .... 54",5	54",3	16,3	60°	755,6	11h. 35', 3 livres.	Prony. Mathieu. Arago.	.... 54",9 54",8	54",8	14°,4	89°	757,32	54",6	15°,4	74°	756,5
Moyennes..............			54,43				Moyennes..............			54,81	....	....	....	54",6	15°,9	72°	756,4

Tableau *de la transmission du son, le* 22 *juin* 1822, *de Montlhery à Ville-Juif.*

Coups de 2 livres.			Temps moyen de la propag.	Thermomètre à Ville-Juif et à Montlhery.	Hyg.	Barom.
11h. 5'.	MM. Prony.	53",7	53",7	17°,3 V.	98° V.	756°,68 V.
	Mathieu.	53,5		18,3 M.	94 M.	754,60 M.
	Arago.	54,0		17°,8	96°	755,64
	Rieussec.	53,5				
11h. 20'.	Prony.	53,7	53,9	17,2	98	756,62
	Mathieu.	54,0		18,5	94	754,60
	Arago.	54,0		17,8	96	755,61
	Rieussec.	54,0				
11h. 40'.	Prony.	53,8	53,7	16,5	100	756,56
	Mathieu.	53,8		18,5	94	754,60
	Arago.	53,7		17,5	97	755,58
	Rieussec.	53,7				
12h. 0.	Prony.	53,8	53,6	17,8	99	756,56
	Mathieu.	53,5		18,7	94	754,60
	Arago.	53,7		18,2	97	755,58
	Rieussec.	53,6				
12h. 20'.	Prony.	53,8	53,7	18,2	95	756,56
	Mathieu.	53,6		.....	94	754,60
	Arago.	53,7		18,2	94	755,58
	Rieussec.	53,7				
12h. 40'.	Prony.	53,7	55,7	17,9	94	756,56
	Mathieu.	53,7		.....	94	654,60
	Arago.	53,7		17,9	94	755,58
	Rieussec.	53,8				
Moyennes...............			53,72	17,9	96	755,59

Coups de 3 livres.			Temps moyen de la propag.	Thermomètre à Ville-Juif et à Montlhery.	Hyg.	Barom.
11h. 9'.	MM. Prony.	53",7	53",9	17°,2 V.	98° V.	756°,66 V.
	Mathieu.	54,0		18,3 M.	93 M.	754,60 M.
	Arago.	54,0		17,8	95	755,63
	Rieussec.	54,0				
11h. 30'.	Prony.	53,7	53,8	17,0	98	756,59
	Mathieu.	54,0		18,0	94	754,60
	Arago.	53,8		17,5	96	755,59
	Rieussec.	53,8				
11h. 50'.	Prony.	53,6	53,8	16,6	100	756,56
	Mathieu.	54,0		18,6	94	754,60
	Arago.	53,7		17,6	97	755,58
	Rieussec.	53,7				
12h. 10'.	Prony.	53,7	53,6	17,8	97	756,56
	Mathieu.	53,5		.....	94	754,60
	Arago.	53,5		17,8	95	755,58
	Rieussec.	53,8				
12h. 50'.	Prony.	53,7	53,8	17,5	95	756,51
	Mathieu.	53,7		.....	94	754,60
	Arago.	54,1		17,5	94	755,55
	Rieussec.	53,8				
Moyennes...............			53,78	17,6	95	755,58

Après avoir fait connaître tous les détails des expériences, il ne me reste plus qu'à présenter les résultats qui s'en déduisent.

Pendant notre séjour à Ville-Juif, le 21 juin, nous nous servîmes d'un excellent théodolite de Gambey pour rattacher cette station d'abord à Montlhery et au moulin de Fontenay, qui étaient deux sommets d'un des triangles de l'ancienne *méridienne vérifiée*, et ensuite au Panthéon, à l'Observatoire, à la pyramide de Montmartre et aux Invalides. De retour à l'Observatoire, nous déterminâmes de même les angles compris entre ces différens points, à l'aide du cercle azimuthal qui est attaché à la partie inférieure de l'axe du grand cercle répétiteur de Reichenbach. J'ai puisé dans ces mesures divers moyens de calculer la distance du canon de Ville-Juif au canon de Montlhery, que j'ai trouvée de 9549,6 toises. En la divisant par 54,6, nombre moyen de secondes que le son employait pour franchir la distance des deux stations, on trouve *que* 174,90 *toises étaient*, *durant l'expérience du* 21, *l'espace parcouru par le son dans une seconde sexagésimale.*

Examinons maintenant l'erreur totale dont ce résultat est susceptible :

Les déterminations partielles de la distance de Ville-Juif à Montlhery que j'ai obtenues par différentes combinaisons sont assez d'accord entre elles pour que je puisse affirmer que l'incertitude de la mesure géodésique n'est pas de 2 toises : or, 2 toises divisées par 54,6 ne donneraient pas au quotient $\frac{4}{100}$ de toise.

Je pense aussi ne rien exagérer en admettant que le temps employé par le son pour se propager d'une station

à l'autre, a été obtenu d'après la *moyenne* des résultats, à $\frac{2}{10}^{\text{mes}}$ de seconde près : une variation de $0'',2$ sur le diviseur $54'',6$ n'altérerait le résultat que de $\frac{64}{100}$ de toise.

Reste donc l'erreur, plus difficile à évaluer, qui peut dépendre du défaut de simultanéité des observations. Nous avons indiqué des coups réciproques, comme le seul moyen de détruire, dans ces expériences, les effets de la vitesse du vent ; mais ne faudrait-il pas, pour cela, que les décharges fussent précisément simultanées ? Si l'on remarque que le vent est toujours intermittent, et qu'entre deux fortes bouffées il y a souvent des instans d'un calme complet, ne trouvera-t-on pas trop considérables les intervalles de $5'$ qui se sont écoulés entre les coups de Ville-Juif et de Montlhery, que nous avons cru, néanmoins, pouvoir combiner comme coups correspondans ? Loin de vouloir affaiblir ces objections, j'ajouterai, si l'on veut, que, dans certains cas, les coups des deux stations pourraient partir à la même seconde sans que la demi-somme des deux temps de propagation fût indépendante du vent. Supposons, en effet, que le 21 juin, par exemple, une bouffée du nord eût commencé à Ville-Juif à l'instant du tir de la pièce : le son, plus rapide que le vent, se serait propagé de cette station à Montlhery, comme dans une atmosphère tranquille, tandis que le bruit parti, à la même seconde, de Montlhery, aurait rencontré le vent contraire ou du nord avant d'atteindre Ville-Juif, et sa marche en aurait été plus ou moins retardée. Mais que conclure de là, si ce n'est qu'un temps fait et calme est indispensablement nécessaire pour de telles expériences : or, si l'on remarque l'accord des résultats partiels, tant dans la transmission du

son de Ville-Juif à Montlhery que dans le mouvement inverse et la légère différence des moyennes, on verra qu'il serait difficile, sous le double rapport de la constance du vent et de sa faible intensité, de trouver de plus favorables circonstances que celles dans lesquelles nous avons opéré le 21 juin. Peut-être est-il bon d'ajouter encore ici que nous n'avons indistinctement combiné les coups de 2 et de 3 livres de poudre, qu'après avoir reconnu, dans le tableau des expériences du 22 juin, que les vitesses de propagation sont exactement les mêmes, quelle que soit la charge.

Il ne paraît donc pas, d'après toutes ces considérations, qu'on doive fixer à plus de $\frac{1}{2}$ toise ou 1 mètre l'erreur dont notre résultat définitif peut être affecté. La correction de température pour chaque degré du thermomètre centigrade est de $0^{T.},321$. Nous déduirons de là, *qu'à* $+10^{0}$ *la vitesse du son doit être* 173,01 *toises* = 337,2 *mètres.*

Les deux seuls coups réciproques (si toutefois on peut appeler ainsi des coups tirés à 35′ d'intervalle) observés par les académiciens de Paris, les 14 et 16 mars 1738, donnent pour vitesse moyenne $172^{T.},56$. La température (nous ne pouvons la connaître qu'à 1^{0} près) devait être d'environ $+6^{0}$ centigr. Réduisant comme tout-à-l'heure à $+10^{0}$, nous trouverons pour vitesse $173^{T.},84$: ce nombre, comme on voit, surpasse notre détermination de $\frac{83}{100}$ de toise.

Le 22 juin, d'après la seule observation faite à Montlhery par MM. Gay-Lussac et Bouvard, le son de Ville-Juif y arrivait en 54″,3. Ce nombre, combiné avec les déterminations rapportées dans le second tableau, don-

nerait une vitesse de $\frac{1}{99}$me plus forte que la veille. Il est vrai que, le 22, l'hygromètre avait beaucoup marché à l'humidité et que la température s'était élevée de 2°; mais ces deux causes, dont on peut aisément calculer les effets, n'expliquent qu'une partie de la différence. Le reste dépend peut-être d'une variation que l'humidité apporte dans ce rapport des deux chaleurs spécifiques de l'air par la racine carrée duquel la formule newtonienne doit être multipliée; il est encore possible, d'après une conjecture de M. de Laplace, que les ondulations de l'air qui constituent le son, quand on est, comme le 22 juin, tout près du terme de l'humidité extrême, déterminent une précipitation de vapeur et conséquemment un dégagement de calorique. Quant aux différences si remarquables d'intensité, que les bruits du canon ont toujours présentées suivant qu'ils se propageaient, du nord au sud, entre Ville-Juif et Montlhery; ou du sud au nord, entre cette seconde station et la première, nous ne chercherons pas aujourd'hui à l'expliquer, parce que nous ne pourrions offrir au lecteur que des conjectures dénuées de preuves. Avant de terminer cette note, nous ajouterons seulement que *tous* les coups *tirés* à Montlhery y étaient accompagnés d'un roulement semblable à celui du tonnerre, et qui durait de 20 à 25″. Rien de pareil n'avait lieu à Ville-Juif : il nous est seulement arrivé quatre fois d'entendre, à moins d'une seconde d'intervalle, deux coups distincts du canon de Montlhery. Dans *deux* autres circonstances, le bruit de ce canon a été accompagné d'un roulement prolongé : ces phénomènes n'ont jamais eu lieu qu'au moment de l'apparition de quelques nuages ; par un ciel complètement serein, le bruit était unique

et instantané. Ne sera-t-il pas permis de conclure de là qu'à Ville-Juif les coups multiples du canon de Montlhery résultaient d'échos formés dans les nuages, et de tirer de ce fait un argument favorable à l'explication qu'ont donnée quelques physiciens du roulement du tonnerre?

(Ar.)

Sur *l'Acide formé par la combustion de l'éther au moyen d'un fil de platine dans la lampe sans flamme.*

On trouve, dans le vol. IV de ce Journal, p. 350, des expériences de M. Faraday sur cet acide. M. Daniell en a fait dernièrement de nouvelles sur le même objet, et il pense que cet acide n'est que de l'acide acétique combiné avec un composé particulier de carbone et d'hydrogène. On sait que la lampe sans flamme brûle tranquillement et reste incandescente jusqu'à l'entière consommation de la substance qui lui sert d'aliment; mais on peut la faire brûler instantanément avec flamme, en plaçant au-dessus de la mèche un petit tube de verre semblable à la cheminée d'Argand.

Sur *la Cristallisation du carbure de fer.*

Le Dr Clarke, en examinant un échantillon de carbure de fer de la fameuse mine de Borrowdale, y a reconnu des surfaces polyhédriques. En le comparant à d'autres échantillons de la même mine, il est disposé à croire que les cristaux sont des prismes obliques à base rhombe : le grand angle de la base serait de 118°.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	762,38	+27,2	68	761,62	+30,0	70	760,45	+30,5	65	761,40	+17,5	99	+32,3	+16,8	Gros nuages blancs.	N.
2	761,44	+22,0	76	761,43	+24,1	81	760,88	+24,9	75	760,80	+21,2	87	+25,0	+16,5	Nuageux.	N. E.
3	760,56	+23,3	73	760,45	+26,2	75	760,04	+26,8	74	759,82	+24,0	81	+27,4	+17,0	Beau.	N. E.
4	760,04	+25,9	72	759,87	+30,2	71	759,07	+30,9	71	759,06	+24,5	90	+32,0	+17,8	Petits nuages blancs.	E.
5	758,66	+28,8	69	758,52	+30,5	63	757,30	+31,1	59	758,00	+24,7	85	+31,1	+19,6	Trouble et nuageux.	N. N. O.
6	757,87	+25,2	71	757,40	+27,9	73	756,58	+29,5	66	757,02	+23,2	80	+29,5	+19,3	Légères vapeurs.	N.
7	757,68	+23,8	75	757,35	+28,3	65	757,64	+29,0	63	756,76	+24,2	89	+29,0	+18,3	Beau.	N. E.
8	755,97	+26,8	75	755,16	+29,5	69	754,20	+29,8	65	753,28	+26,0	71	+29,9	+18,2	Beau.	N. E.
9	753,72	+23,1	87	753,45	+28,5	77	753,77	+29,3	69	754,88	+24,4	81	+29,3	+18,3	Nuageux.	S. O.
10	754,25	+27,3	72	753,95	+32,3	71	754,31	+25,5	79	756,70	+19,6	97	+33,8	+18,6	Trouble, tonn. au S.	N. E.
11	758,14	+22,5	80	757,94	+28,0	75	756,34	+28,3	71	757,26	+20,1	98	+29,5	+17,8	Nuageux.	O. faible.
12	757,36	+21,1	82	757,56	+25,5	74	757,22	+26,3	73	758,43	+21,5	76	+26,3	+16,5	Nuageux.	S. O.
13	759,48	+21,0	71	759,10	+24,6	70	758,37	+25,4	68	757,60	+20,9	69	+25,8	+14,5	Beau.	N. E.
14	755,50	+24,3	61	754,49	+28,0	66	752,64	+28,1	64	749,66	+25,0	81	+29,7	+15,0	Très-nuageux.	E. N. E.
15	749,63	+22,0	81	750,17	+23,5	77	749,12	+25,3	76	749,86	+19,3	87	+25,3	+18,5	Nuageux.	O.
16	752,54	+22,2	73	753,33	+17,0	83	753,24	+22,5	77	754,46	+18,2	92	+22,5	+15,0	Pluie, tonnerre.	S. O.
17	759,15	+16,9	87	759,64	+20,4	74	759,68	+30,8	70	761,00	+16,4	80	+20,8	+12,8	Nuageux.	N. E.
18	760,86	+18,6	72	759,86	+21,0	70	758,65	+22,1	67	756,70	+19,5	74	+22,1	+11,8	Petits nuages.	N. E.
19	753,74	+21,4	74	753,28	+24,5	70	752,13	+24,9	68	752,77	+17,9	96	+25,9	+12,8	Nuageux	N. E.
20	754,50	+18,8	80	754,66	+23,8	68	755,54	+22,5	66	757,52	+17,3	88	+23,8	+14,8	Très-nuageux.	O.
21	759,55	+19,0	75	759,64	+21,3	72	759,06	+22,3	70	759,18	+19,0	78	+22,3	+12,2	Nuageux.	E. N. E.
22	758,34	+21,6	78	758,34	+25,8	71	758,00	+26,3	74	757,96	+20,5	92	+26,8	+14,8	Couvert.	N. E.
23	757,92	+27,4	70	757,81	+29,1	71	757,74	+25,8	80	759,30	+18,5	87	+29,1	+16,5	Couvert.	S. O.
24	760,30	+22,7	67	759,96	+23,8	70	759,53	+24,0	67	760,17	+18,6	89	+24,0	+14,5	Très-nuageux.	O.
25	761,02	+22,1	75	760,80	+24,0	69	759,92	+21,1	71	760,15	+21,0	82	+25,1	+15,0	Très-nuageux.	O.
26	758,52	+25,8	70	757,90	+27,5	67	757,00	+28,5	64	756,97	+21,5	81	+29,5	+16,0	Très-nuageux.	S. O.
27	758,57	+20,5	85	759,18	+21,6	74	759,12	+22,6	67	761,71	+18,5	84	+22,6	+15,1	Couvert.	O. N. O.
28	762,96	+22,3	63	761,68	+25,1	64	760,72	+23,8	65	759,25	+18,5	79	+25,1	+13,0	Nuageux.	O. S. O.
29	758,16	+21,5	74	758,34	+19,6	82	759,28	+17,5	83	760,40	+15,5	89	+21,5	+15,0	Petite pluie.	O. fort.
30	759,89	+19,1	76	759,00	+21,9	68	757,73	+22,0	62	757,11	+17,5	91	+22,0	+12,8	Nuageux.	S. O.
1	758,26	+25,3	74	757,92	+28,7	72	757,42	+28,7	69	757,77	+22,9	86	+29,9	+18,0	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,09	+20,9	76	756,03	+23,6	73	755,29	+25,6	70	755,53	+19,6	84	+25,2	+15,0	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 9,991
3	759,52	+22,2	73	759,27	+24,0	71	758,81	+23,4	70	759,22	+18,9	85	+24,8	+14,5	Moyenn. du 21 au 3[0]	Terrasse, 9,226
	757,96	+22,8	74	757,74	+25,4	72	757,17	+25,9	70	757,51	+20,5	85	+26,6	+15,8	Moyennes du mois, +21°,2.	

SUITE

De la Composition *des Sulfures alcalins.*

Par Mr J. Berzelius.

7. *Sulfure d'antimoine.* Les combinaisons de ce métal avec les alcalis et le soufre sont beaucoup plus intéressantes que toutes celles qui précèdent, à cause de leurs applications, surtout dans la médecine, et parce qu'elles ont été long-temps connues sans qu'on ait cependant bien examiné leur composition réelle : tels sont l'*hepar*, le *crocus*, le *sulphur auratum antimonii*, le *kermes mineralis*, *etc.*

Tous les sulfures métalliques précédens, solubles dans l'alcali, sont précipités sans altération par les acides, c'est-à-dire, qu'il se forme un oxide soluble dans l'alcali, et qui, lorsqu'on verse un acide dans la solution, est réduit par l'hydrogène ou par le potassium; après quoi le métal se combine de nouveau avec le soufre dans la même proportion qu'auparavant, sans qu'il en résulte le moindre excès d'aucun côté, et précisément comme si la dissolution avait eu lieu sans aucune décomposition. Le sulfure d'antimoine, au contraire, se comporte tout autrement. Il n'est pas tout-à-fait dissous par l'alcali; il laisse un résidu composé d'une matière altérée qui ne peut être dissoute qu'à l'aide d'une longue ébullition dans une faible solution de potasse. Cette solution, bouillie, laisse d'abord précipiter par le refroidissement la matière brune, qui a été nommée *kermes*

mineralis ; les acides séparent ensuite une nouvelle portion de la même substance; et si l'on observe avec attention, on aperçoit que lorsqu'on verse un acide, il se précipite, en premier lieu, une matière d'une couleur claire, qui, après avoir été agitée, devient d'un brun foncé. Si, lorsque cette matière paraît ne plus subir de changement après la précipitation, l'on filtre de nouveau le liquide, on obtient un précipité d'une belle teinte rouge pâle, et il se dégage du gaz hydrogène sulfuré.

Déjà cette première suite de phénomènes fait voir qu'ils doivent être compliqués ; car d'où viennent, dans un sulfure d'antimoine proportionnel à l'oxide, ces deux degrés de sulfuration dans le liquide, et en outre un excès de gaz hydrogène sulfuré qui ne trouve pas d'oxide d'antimoine à réduire, et qui surtout, comme le liquide précipité par l'acide, ne contient pas de traces d'antimoine ?

Ici, se présentent donc les questions suivantes à résoudre : 1°. Quel est le corps oxidé qui se forme par la décomposition de l'eau ou de la potasse lorsque le sulfure d'antimoine se dissout dans l'hydrate de potasse ? 2°. Quel est le corps que la potasse laisse indissous ? 3°. Et quels sont les deux différens précipités que les acides séparent de cette solution ?

Si le sulfure d'antimoine se comportait d'une manière analogue au sulfure d'arsenic, il se formerait de l'oxide d'antimoine, c'est-à-dire, le degré d'oxidation proportionnel au sulfure ; mais cet oxide est-il soluble dans l'hydrate de potasse ? Pour le savoir, je précipitai du muriate d'antimoine par l'eau, et j'ajoutai de l'hydrate de potasse en excès. La potasse ne parut pas d'abord agir

sur l'oxide ; mais, au bout d'un instant, cet oxide volumineux s'affaissa et forma une poudre cristalline qui n'était plus blanche, mais grisâtre. La liqueur tenait en dissolution une partie de l'oxide, et la poudre cristalline, lavée avec de l'eau et analysée, se trouva être une combinaison de potasse et d'oxide d'antimoine. L'ammoniaque même se comporta également avec l'oxide. Il est donc évident que, s'il se forme de l'oxide d'antimoine lorsque le sulfure se dissout dans la potasse, il faut qu'il s'en dépose une partie, tandis qu'une autre se dissout dans le liquide; d'où il suit que, si l'on précipite par un acide, il doit se dégager une portion de gaz hydrogène sulfuré correspondante à la partie indissoute d'oxide d'antimoine.

Une solution de sulfure d'antimoine dans l'hydrate de potasse fut mêlée avec du nitrate de cuivre, et sur-saturée d'avance avec de l'ammoniaque, jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de précipité; le liquide fut filtré et mêlé avec de l'acide muriatique, qui y produisit un précipité blanc sans faire naître la moindre odeur d'acide sulfureux. Ce précipité, lavé et examiné à la flamme du chalumeau, se trouva être de l'acide antimonieux. Il était infusible, non volatil, et, calciné avec la soude, il présenta des grains d'antimoine réduit. Ce précipité n'était cependant pas très-abondant.

Pour vérifier si une pareille combinaison d'oxide d'antimoine et de potasse reste insoluble lorsque le sulfure d'antimoine est traité par la potasse, je fis les expériences suivantes :

100 parties de sulfure d'antimoine préparé et parfaitement pur furent humectées d'eau et mises en contact

avec un morceau d'hydrate de potasse ; au bout de quelques instans, il s'opéra une violente réaction entre la potasse et la poudre ; la masse s'échauffa et finit par prendre une belle couleur jaune citron. Elle fut alors mêlée avec de l'eau, et la solution claire ayant été décantée, la substance jaune fut encore traitée par la potasse, qui n'y causa aucune altération. La solution était jaune pâle. La poudre jaune fut recueillie sur un filtre, bien lavée et séchée; elle formait 49 parties du poids de l'antimoine employé. C'était une poudre fine, d'un jaune-orange clair, absolument semblable à la combinaison d'oxide d'antimoine et de potasse. J'y versai de l'acide muriatique étendu d'une assez grande quantité d'eau pour qu'il ne pût pas dissoudre le sulfure d'antimoine; elle ne changea ni de couleur ni d'apparence ; mais elle diminua de volume. Le mélange fut jeté sur un filtre, et ce qui n'avait pas été dissous fut lavé avec de l'acide muriatique étendu d'eau. La solution filtrée, qui n'avait pas la moindre odeur de gaz hydrogène sulfuré, ayant été mêlée avec de l'eau, fournit un précipité abondant, et fut ensuite neutralisée par le carbonate d'ammoniaque, qui en sépara 18,2 parties d'oxide d'antimoine. Le liquide fut évaporé à siccité, et il se sépara encore une partie d'oxide d'antimoine; ce qui fit en tout 19,2 parties. Je retirai du liquide 6,85 p. de muriate de potasse. Il s'était donc formé la même combinaison d'oxide d'antimoine et de potasse dont il a été parlé, quoique la totalité de l'oxide n'ait probablement pas été combinée avec la potasse, comme nous le verrons tout-à-l'heure.

La substance jaune qui ne s'était pas dissoute dans l'acide muriatique pesait 24 parties. J'en fis dissoudre la

moitié dans l'acide muriatique ; elle ne laissa aucun résidu, et le gaz qui se dégagea fut totalement absorbé par l'hydrate de potasse. Elle ne contenait donc pas un sulfure inférieur d'antimoine, comme je l'avais d'abord cru. L'autre moitié, mise en contact avec l'hydro-sulfure d'ammoniaque, changea, au bout de quelques instans, du jaune au brun rougeâtre, et une portion d'antimoine se dissolvit sans donner lieu à aucun dégagement de gaz hydrogène sulfuré. Cela prouve que la substance jaune contenait encore de l'oxide d'antimoine, qui n'en avait pas été extrait par l'acide, et qui fut décomposé et dissous par l'hydro-sulfure de potasse : c'était par conséquent le crocus antimonié des anciens chimistes, préparé par la voie humide ; mais il avait probablement perdu, par l'action de l'acide, une portion de l'oxide qu'il contenait dans le principe, attendu que le crocus digéré dans les acides prend une couleur foncée par la calcination, et se fond avec peine, tandis qu'auparavant il se fondait aisément en un verre transparent et jaunâtre.

Pour vérifier le fait, je pris du sulfure d'antimoine préparé par la voie humide et d'une couleur brune foncée (*kermes mineralis*) ; j'y versai du muriate d'antimoine délayé dans de l'acide muriatique faible ; le sulfure n'en éprouva aucun changement visible ; mais lorsque j'y eus ajouté une telle quantité d'eau que le liquide commençât à se troubler, le sulfure devint jaune au bout de quelques minutes, et même de gros morceaux de cette substance étaient jaunes jusque dans leur intérieur. Je ne pus plus ramener par un acide la couleur brune foncée ; mais j'y réussis avec l'hydro-sulfure de potasse. On obtient la même combinaison de sulfure et d'oxide d'an-

timoine en faisant digérer du sulfure d'antimoine avec de l'acide muriatique faible, jusqu'à ce qu'il s'en soit dégagé une portion d'hydrogène sulfuré, et en versant ensuite le liquide dans l'eau.

Voulant examiner la nature des deux précipités différens que forment les acides dans une solution de sulfure d'antimoine dans l'hydrate de potasse; précipités, dont le premier, qui est le plus abondant, est brun foncé, et l'autre, qu'on n'obtient qu'en petite quantité, est rouge ou rouge de feu, je fis dissoudre dans l'acide muriatique une portion de l'un et de l'autre. Le premier fut dissous sans résidu, mais avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré, qui fut totalement absorbé par l'hydrate de potasse. Il arrive quelquefois, lors de cette dissolution, que la masse noircit et prend un aspect métallique; cela a lieu principalement lorsque l'acide commence à se saturer et que le mélange est chauffé jusqu'à l'ébullition; ce n'est autre chose qu'un retrait causé par la chaleur, et semblable à l'effet qu'éprouve le sélénium lorsque sa poudre rouge est exposée à l'action de l'eau bouillante; son volume diminue et sa couleur noircit. Le résidu du sulfure d'antimoine se dissout de nouveau lorsqu'on y ajoute de l'acide. Le second précipité, qui était rouge, fut aussi dissous par l'acide muriatique, avec dégagement de gaz hydrogène sulfuré pur; mais il resta du soufre indissous. Lorsque je mêlai une solution d'antimonite de potasse avec l'hydrosulfure alcalin, et que je précipitai le mélange par un acide, il se dégagea du gaz hydrogène sulfuré, et j'obtins la même combinaison rouge de feu. Elle est par conséquent SbS^4 ou un degré de sulfuration proportionnel à l'acide antimonieux.

Il résulte clairement de tout ce qui vient d'être rapporté que, lorsque le sulfure d'antimoine est exposé à l'action de l'hydrate de potasse, il se forme deux combinaisons, l'une d'oxide d'antimoine avec la potasse, et l'autre d'oxide d'antimoine avec le sulfure du même métal (*crocus antimonii*), qui restent toutes deux indissoutes sous forme de poudre jaune. Lorsqu'on fait l'expérience avec du sulfure d'antimoine, tel qu'il se trouve dans le commerce, la partie indissoute est brune, tirant sur le jaune, et contient en outre des sulfures métalliques, surtout de plomb, qui y sont mêlés mécaniquement. On retrouve dans la solution une combinaison d'oxide d'antimoine et de potasse, ainsi que de l'hydro-sulfure de potasse, qui tient en dissolution du sulfure d'antimoine. Y ajoute-t-on un acide, le sulfure se précipite, et la portion d'hydrogène sulfuré qui reste, après la décomposition de l'oxide d'antimoine dissous, se dégage avec effervescence. Mais d'où vient ce sulfure dont la couleur est rouge ? Comment peut-il se former de l'acide antimonieux sans qu'il se dégage du gaz hydrogène, lorsqu'il manque du soufre pour saturer l'hydrogène, qui serait mis en liberté par la combinaison du quatrième atome d'oxigène avec l'antimoine, donnant naissance à l'acide antimonieux ?

Comme je n'avais pu trouver, dans le crocus insoluble, de l'antimoine libre ou un sulfure inférieur, il restait à examiner l'effet de l'air sur la combinaison d'oxide d'antimoine et de potasse. J'exposai cette combinaison à l'influence d'une portion d'air enfermé sans que son volume éprouvât la moindre diminution. Ensuite j'introduisis, dans une cloche graduée qui contenait de

l'air atmosphérique sur le mercure, un mélange de sulfure d'antimoine et d'eau, et je mis au-dessus de l'hydrate de potasse en morceaux. La combinaison se fit peu à peu; mais, dans les trois ou quatre premières heures, l'absorption de l'air fut peu notable; elle augmenta ensuite, et, au bout de vingt-quatre heures, le liquide avait absorbé deux fois son volume de gaz oxigène. Il ne s'était point déposé de sulfure d'antimoine; mais il s'était formé sur la surface du liquide de petits grains cristallins et brillans d'antimonite de potasse. Cela fait voir que lorsqu'il y a un excès de potasse, non-seulement l'hydrogène ou le potassium, mais aussi l'antimoine s'oxident, et le soufre qui leur appartenait se combine avec les autres substances dissoutes. Le cas est tout-à-fait différent lorsqu'une solution saturée de sulfure d'antimoine est exposée à l'air : alors le sulfure d'antimoine se dépose par l'oxidation de l'hydrogène ou du potassium, et le soufre, auparavant uni à l'une ou à l'autre de ces substances, se combine avec l'hydro-sulfure de potasse restant, et concourt à précipiter une nouvelle quantité de sulfure d'antimoine par la formation de KS^{10}, qui ne peut pas tenir en dissolution un sulfure métallique. Ces phénomènes se montrent très-promptement lorsque le liquide est chaud et sa surface étendue. Dans les deux cas, bien que différens, il se forme un antimoine plus sulfuré lorsque la combinaison est précipitée par un acide; car, dans le premier, l'acide antimonieux est réduit par l'hydrogène sulfuré à l'état de SbS^4, et dans l'autre, l'oxide est réduit par un hydrogène sulfuré ou un sulfure de potassium qui contient plus de 2 atomes de soufre, et par conséquent il doit

se former une quantité correspondante de SbS^4. J'ai examiné si la dernière trace du précipité qu'une pareille dissolution forme avec les acides contient du soufre libre ; mais je l'ai trouvée totalement formée de la même combinaison d'un rouge ardent.

Pour déterminer les quantités de sulfure d'antimoine qui peuvent se combiner avec l'hydro-sulfure de potasse, j'ai essayé de dissoudre du sulfure d'antimoine préparé, et par la voie sèche et par la voie humide, dans l'hydro-sulfure de potasse : il se dégagea alors de l'hydrogène sulfuré avec effervescence ; mais on ne peut pas obtenir une combinaison saturée, et le liquide se trouble souvent lorsqu'il est étendu d'eau. Je n'ai jamais pu, par exemple, opérer une combinaison dans laquelle un atome de sulfure d'antimoine fût uni à un atome d'hydro-sulfure de potasse. Fait-on bouillir le liquide, il s'y dissout une plus grande quantité de sulfure d'antimoine qu'il n'en peut contenir lorsqu'il est refroidi, et l'on ne saurait le filtrer sans qu'il se décompose. L'hydro-sulfure de potasse étendu d'eau en dissout d'ailleurs moins que celui qui est concentré, et ordinairement ce dernier, un moment après que le liquide a été transvasé, se prend en une gelée de couleur brune foncée. La combinaison du sulfure de potassium avec le sulfure d'antimoine est donc décomposée par l'eau, de même que l'oxide d'antimoine est séparé par l'eau de sa combinaison avec les acides.

Afin de connaître ce qui se passe lorsque le sulfure d'antimoine est fondu avec le sous-carbonate de potasse, j'en fis fondre avec un excès de cet alcali dans une cornue, et j'observai que 100 parties de sulfure d'antimoine

chassent 17,8 p. d'acide carbonique. Le mélange, ayant été dissous dans l'eau, laissa un résidu de crocus antimonié d'une belle couleur jaune, dont la présence rend incertaine l'évaluation d'après les données déjà obtenues. Mais si l'on admet que, lorsqu'il y a de l'alcali en excès, il ne peut pas se former de crocus avant son union avec de l'eau, ce qui me paraît être le véritable cas, il faut que par la décomposition il se soit formé $\ddot{K}\dddot{S}b^4+6KS^2$, combinés avec $6SbS^3$, en sorte qu'un atome de sulfure de potassium se soit combiné avec un atome de sulfure d'antimoine; mais l'eau décomposa cette combinaison, et le sulfure d'antimoine, mis en liberté, partagea l'oxide avec la potasse et forma du crocus. Dans ce cas, 10 atomes de sulfure d'antimoine décomposent 7 atomes de sous-carbonate de potasse, et 100 p. de sulfure d'antimoine chassent 17,5 p. d'acide carbonique, ce qui s'accorde, à très-peu de chose près, avec le résultat de l'observation. Pour trouver ensuite quel est le *maximum* du sulfure d'antimoine qui peut se combiner avec un poids donné de sous-carbonate de potasse, je fis fondre dans une cornue une partie de ce sel avec 16 p. de sulfure d'antimoine, dans l'espoir d'obtenir deux substances, l'une composée du double sulfure et l'autre de sulfure d'antimoine qui n'aurait pas été combiné; mais il ne se forma qu'une seule masse de couleur gris d'acier avec une cassure vitreuse et l'éclat métallique, sans aucun signe de cristallisation, insoluble dans l'eau, friable, facile à pulvériser, et donnant une poudre brune foncée.

Lorsqu'on fait fondre le sous-carbonate de potasse avec une moindre quantité de sulfure d'antimoine, par

exemple, une partie de carbonate avec $2\frac{2}{3}$ p. de sulfure, on obtient une substance brune tirant sur le rouge, bien liquide, qui, étant calcinée, répand une épaisse vapeur à l'air, dépose de l'acide antimonieux, et se prend en une masse brune, couleur de l'hépar, qui a reçu le nom d'*hépar antimonié*. C'est probablement la combinaison saturée de sulfure d'antimoine et de sulfure de potassium, $KS^2 + 2SbS^3$, avec laquelle le sulfure d'antimoine peut se fondre dans toutes les proportions.

Si l'on opère la fusion du sous-carbonate de potasse avec une quantité encore plus petite de sulfure d'antimoine dans une cornue, on obtient une pareille combinaison, mais beaucoup moins fusible, et au fond de la masse se trouve de l'antimoine réduit. On pourrait croire que c'est le soufre qui décompose la potasse, abandonnant l'antimoine, qui reste isolé. Mais si l'on dissout la combinaison dans l'eau, et qu'on y verse d'abord une solution de nitrate de cuivre dans l'ammoniaque, et après que le précipité a été recueilli sur le filtre, qu'on mette de l'acide nitrique dans la solution, on obtiendra un précipité abondant d'acide antimonieux; et lorsqu'il a été séparé, le liquide, mêlé de muriate de baryte, ne laisse apercevoir que des traces insignifiantes d'acide sulfurique. Si l'on précipite avec l'acide muriatique au lieu de l'acide nitrique, l'acide antimonieux reste aisément dissous, et lorsqu'on y mêle du muriate de baryte, on obtient, au bout de quelques instans, un précipité d'antimonite acide de baryte dont la légéreté et l'aspect floconneux montrent tout de suite que ce n'est pas du sulfate de baryte. L'antimoine séparé provient donc de ce qu'il se forme de l'acide antimonieux; le

potassium réduit, manquant alors de soufre, en prend à une portion d'antimoine qui est mis en liberté, ou, si on l'aime mieux, la combinaison d'oxide d'antimoine avec la potasse qui se forme dès le principe est transformée, à une température plus élevée, en antimonite de potasse, par la séparation d'un quart de l'antimoine à l'état métallique. Si le sulfure d'antimoine contient du sulfure de plomb, ce dernier est aussi privé de son soufre, et le régule d'antimoine qu'on obtient est mêlé de plomb métallique. Il est donc évident que lorsqu'il se forme de cette manière de l'antimonite de potasse, ce dernier n'étant que très-peu soluble dans un liquide qui contient en même temps d'autres substances, les acides doivent pouvoir précipiter une plus grande quantité de sulfure rouge d'antimoine après le sulfure brun, lorsque la combinaison a eu lieu par la voie sèche, que lorsqu'on a employé la voie humide; ce qui est aussi confirmé par l'expérience.

Lorsqu'on dissout du sulfure natif d'antimoine dans la potasse caustique, on obient pour résidu un crocus brun-jaunâtre qui, traité d'abord à froid par l'acide muriatique étendu d'eau, et ensuite à la chaleur de l'ébullition par de l'acide muriatique concentré, jusqu'à ce qu'on ne sente plus l'odeur de l'hydrogène sulfuré, laisse en dépôt une poudre fine et brunâtre. C'est un mélange de plomb sulfuré et de plomb antimonié. Il est inflammable, brûle comme l'amadou, fume comme l'antimoine lorsqu'il est chauffé au chalumeau, et laisse une masse noire qui, traitée par le carbonate de soude, donne des grains de plomb. Ainsi le plomb cède, même par la voie humide, son soufre au potassium, et se combine avec l'antimoine;

ce qui donne lieu à un plus haut degré de sulfuration des métaux dans la dissolution.

Ainsi que le sulfure d'antimoine se comporte avec les hydrates alcalins autrement que les autres sulfures métalliques, de même ses oxides se comportent différemment avec les sulfures alcalins. Un de ces hydro-sulfures versé sur du protoxide d'antimoine le transforme, suivant la plus ou moins grande quantité de l'hydro-sulfure, soit en sulfure d'antimoine ou en crocus, sans aucun dégagement de gaz hydrogène sulfuré. Dans le premier cas, il s'en dissout une portion plus ou moins grande, selon la concentration du liquide. Mais si l'on traite l'acide antimonieux par un hydro-sulfure alcalin, il ne se décompose pas; il se dissout avec un dégagement de gaz hydrogène sulfuré, et le liquide contient un mélange d'antimonite de potasse, d'où les acides précipitent du sulfure d'antimoine rouge. Cette circonstance fournit une manière aisée de distinguer, par la voie humide, le deutoxide d'antimoine de l'acide antimonieux.

Je n'ai encore rien dit de la composition du kermès minéral, ce remède actif si souvent examiné par les chimistes, sans qu'ils soient jamais parvenus à un résultat décisif. On l'a pris jusqu'ici pour une combinaison d'hydrogène sulfuré et de deutoxide d'antimoine.

Nous avons vu que le sulfure de potassium ne peut être saturé par le sulfure d'antimoine qu'à l'état sec, et qu'une addition d'eau précipite ce dernier, de même qu'il précipite le deutoxide d'antimoine. Plus la solution de sulfure de potassium est concentrée, et plus elle peut dissoudre de sulfure d'antimoine : est-elle ensuite étendue d'eau, la combinaison se précipite, soit d'abord, soit

au bout d'un instant, et se prend alors en une masse gélatineuse transparente, de couleur brune-rougeâtre. La solution concentrée est peu colorée; celle qui est étendue d'eau devient ordinairement, avant de se figer, d'un rouge sanguin foncé. La présence d'une certaine portion d'alcali libre empêche toute précipitation.

Si une solution concentrée est étendue d'eau bouillante, il ne se forme le plus souvent aucun précipité; le sulfure d'antimoine reste dans la solution jusqu'à ce qu'elle se soit refroidie; elle se précipite alors en légers flocons bruns, qui forment ce que les pharmaciens nomment *le kermès minéral*, lequel n'est par conséquent que du sulfure d'antimoine SbS^3, préparé par la voie humide. Aussi peut-on faire bouillir de nouveau la dissolution refroidie et filtrée de sulfure de potassium avec la partie qui reste indissoute, extraire par ce moyen tout le sulfure d'antimoine mêlé avec le crocus déposé, et, à chaque fois que le liquide se refroidit, obtenir plus de kermès. Si la solution ne contenait pas d'acide antimonieux, et si elle n'était pas altérée par le contact de l'air, les acides en précipiteraient une nouvelle portion de kermès; mais, au lieu de cela, ils en séparent un mélange de kermès avec SbS^4, qui, à raison de la couleur plus claire de ce dernier, a reçu le nom de *sulphur auratum antimonii* (1). La portion de la masse qui est

---

(1) Cette préparation se fait, suivant l'indication de quelques pharmacopées, avec une addition de soufre pendant la fusion; ainsi la préparation contient plus de soufre que SbS^4. Les recettes les plus nouvelles (V. *Buchner's Repert.* B. 9, s. 261.) ont en vue d'obtenir SbS^6.

insoluble dans le sulfure de potassium est, après une parfaite ébullition, du crocus antimonié, mêlé avec un composé de potasse et d'oxide d'antimoine; mais le plus souvent elle contient encore du sulfure d'antimoine indissous, lequel, par l'effet de l'eau qui y avait été versée, s'était séparé du sulfure de potassium. La seule manière de préparer avec quelque économie, par la voie humide, le composé SbS^3 parfaitement pur, est donc de le laisser se déposer spontanément par le refroidissement d'une solution bouillante : en traitant l'oxide d'antimoine par un hydro-sulfure alcalin, on l'obtient aussi pur; mais ce n'est pas une méthode économique.

La vraie proportion pour préparer le kermès paraît être une partie de carbonate de potasse pur avec $2\frac{2}{3}$ p. de sulfure d'antimoine. L'addition d'un peu de soufre, qui est usitée par quelques personnes, contribue seulement à augmenter la quantité du *sulphur auratum*, et à diminuer celle du kermès.

Voici en peu de mots ce qui se passe dans cette opération : l'antimoine réduit la potasse à l'état de potassium, qui s'empare du soufre de l'antimoine pour composer KS^2, et un atome de cette combinaison s'unit à 2 atomes de sulfure d'antimoine non décomposé. L'oxide d'antimoine se combine en partie avec le sulfure d'antimoine lorsque la quantité de celui-ci est en excès, et en partie avec la potasse. Cette dernière portion se convertit, à une température plus élevée, en acide antimonieux, soit en s'oxidant à l'air si l'opération a lieu dans un vase ouvert, soit en déposant de l'antimoine à l'état de métal si c'est en vase clos. Mis en contact avec l'eau, le sulfure de po-

tassium se dissout avec une petite portion de sulfure d'antimoine, et il s'en sépare une partie sous forme d'une poudre brune-rougeâtre qui reste indissoute, mêlée avec de l'antimonite de potasse et avec du crocus. Lorsqu'on fait bouillir ce mélange, le sulfure de potassium dissout une plus grande partie de sulfure d'antimoine; mais elle est précipitée par le refroidissement. Pendant cette opération, l'air oxide, à la surface du liquide, une portion de potassium dont le soufre fait passer une autre partie du sulfure de potassium à un plus haut degré de sulfuration : alors cette partie du sulfure de potassium laisse échapper le kermès qu'il tenait en dissolution. Si l'on filtre ensuite le liquide et qu'on le mêle avec un acide, il se précipite à la fois deux sulfures différens ; celui qui contient le plus de soufre est redissous par le liquide qui est encore hépatique, et laisse en dépôt SbS^3, dont la couleur est plus brune; et si l'on filtre le liquide dès que tout le SbS^3 en a été précipité, ce qu'il n'est pas si aisé d'effectuer, et qu'ensuite on y ajoute de l'acide, il se forme un précipité d'un plus beau rouge qui est SbS^4. La formation de ce dernier dépend de deux circonstances : 1° la réduction de l'acide antimonieux par l'hydrogène sulfuré; et 2° la combinaison de SbS^3 avec le soufre séparé du potassium par l'oxidation aux dépens de l'air. En même temps que ce précipité a lieu, il se dégage du gaz hydrogène sulfuré parce qu'une portion de l'antimonite de potasse est restée indissoute dans le liquide, et qu'une portion de l'oxide d'antimoine s'est unie au sulfure d'antimoine pour former du crocus également insoluble; substances qui, si elles étaient restées dans la dissolution, auraient été tout juste suffisantes

pour décomposer l'hydrogène sulfuré, ou, ce qui revient au même, pour empêcher sa formation.

Avant de quitter les métaux sulfurés, je parlerai encore d'une dissolution de ces composés, celle qui a lieu dans le carbonate de potasse. Lorsqu'une solution de sulfure de potassium seule ou contenant quelqu'un des sulfures métalliques qui y sont solubles est décomposée par le carbonate de cuivre, la nouvelle combinaison avec le cuivre est en grande partie soluble dans le carbonate de potasse qui se forme. Il serait inutile d'étudier, dans cette dissolution, la nature d'un pareil composé; mais le sulfure d'antimoine en fournit un excellent moyen. On sait que le sulfure d'antimoine se dissout si bien dans le carbonate de potasse chauffé jusqu'à l'ébullition, que Schéele a indiqué cette méthode pour la préparation du kermès, dans les anciennes éditions de la *Pharmacopée suédoise*. Je fis donc bouillir du sulfure d'antimoine avec une dissolution de sous-carbonate de potasse, et je recueillis dans de l'eau de chaux les vapeurs qui se dégagèrent; mais je n'obtins pas une trace de gaz carbonique, et cependant le liquide avait dissous une portion de sulfure d'antimoine qui fut précipitée par le refroidissement. La solution froide avait encore une petite teinte jaune; sur-saturée d'acide muriatique, elle laissa apercevoir un faible trace de sulfure d'antimoine, mais n'exhala aucune odeur d'hydrogène sulfuré. Mêlée avec du muriate de baryte, la liqueur acide ne fournit aucun précipité. Dans une autre expérience, la liqueur fut précipitée par le nitrate de cuivre sur-saturé d'ammoniaque, et ensuite mêlée avec de l'acide nitrique, sans qu'il parût aucune trace d'oxide d'antimoine. Il paraît

donc que ce n'est qu'une simple dissolution. Nous savons que les sulfures d'arsenic, de molybdène, de tungstène, et même de fer, sont dissous en petite quantité, lorsque, après avoir été précipités d'une dissolution, ils sont lavés sur le filtre, dès que toute la substance précipitante a été enlevée par le lavage, et qu'on y verse de l'eau bouillante. Les sulfures d'arsenic et de tungstène sont dissous en jaune, et ce dernier est surtout soluble; le sulfure de molybdène dissous est de couleur brune très-foncée, et le sulfure de fer vert foncé. Un acide libre s'oppose à cette solubilité des sulfures métalliques.

8. *Sulfure de carbone.* J'ai démontré, dans un Mémoire précédent, que le sulfure de carbone se combine avec les bases salifiables, et j'ai décrit une partie de ces combinaisons. Les recherches dont je viens de rendre compte doivent naturellement changer beaucoup la manière de les envisager. J'avais trouvé que le sulfure de carbone est absorbé par la chaux et la baryte incandescentes, en produisant le phénomène de l'ignition, et je croyais qu'il se formait un carbo-sulfure de chaux. Il est clair à présent que c'est un mélange de 1 atome de carbonate de chaux avec 2 atomes de sulfure de calcium. Aucune base salifiable, excepté l'ammoniaque et le deutoxide de mercure, ne put se combiner, dans mes expériences, avec le sulfure de carbone sans la présence de l'eau; mais la combinaison eut lieu par l'intermède de ce liquide, et il se forma des carbonates. Le problême est résolu par ce qui précède. Le sulfure de carbone se comporte comme les sulfures métalliques; le carbone forme, par son oxidation, une portion de sulfure de potassium qui dissout du sulfure de carbone, c'est-à-

dire, qu'il fournit un double sulfure de carbone et de potassium. La dissolution dans l'alcali caustique étant très-lente, attendu que la volatilité du sulfure de carbone empêche de porter le mélange à l'ébullition, en sorte qu'il faut quelquefois plusieurs semaines pour qu'elle s'achève complètement, je trouve maintenant que le sulfure de potassium et de calcium au *minimum*, mêlé avec de l'eau et du sulfure de carbone, dissout ce dernier très-promptement, et forme des dissolutions de couleur brune foncée, beaucoup plus colorées que celles de soufre seul, et qui fournissent, dans des sels métalliques, des précipités semblables à ceux qui sont produits par le sulfure de carbone dissous dans l'alcali caustique. Je ne peux pas certifier que l'hydro-sulfure neutre de potasse soit décomposé par le sulfure de carbone, à cause de la volatilité de ce dernier composé.

Pour constater la proportion dans laquelle le sulfure de carbone se combine avec le sulfure de potassium par la voie sèche, j'exposai 0,521 gr. de sous-carbonate de potasse, chauffés presque jusqu'à l'incandescence, aux vapeurs du sulfure de carbone. La décomposition fut prompte, et la masse fut maintenue constamment en ébullition par l'action qu'exerçait sur elle le sulfure de carbone qui la décomposait, et en chassait le gaz acide carbonique. L'opération fut continuée jusqu'à ce que cette ébullition eut cessé. La masse était alors fondue, noire ou brune tirant sur le noir. Après le refroidissement, elle devint d'un noir tirant sur le brun. Elle pesait 0,713. Dissoute dans l'eau, elle paraissait verte; mais la solution, filtrée, était claire et jaune pâle; elle laissa sur le filtre 0,046 gr. de carbone.

Ces poids correspondent à une combinaison d'un atome de KS^2 avec 2 atomes de CS^2, qui, soit pendant l'opération ou lors du contact avec l'eau, s'était transformée en un mélange mécanique de KS^6 avec 2 atomes de carbone; car un atome de $\ddot{K}\ddot{C}^2$ pèse 1730,49; et un atome de $KS^2 + 2\,CS^2$ pèse 2337,42; mais 173,05 : 233,74 :: 521 : 703. 2 atomes de carbone pèsent 150,66. Or, 173,05 : 150,66 :: 521 : 454; d'où il résulte que le sous-carbonate de potasse a été réduit par le sulfure de carbone à KS^2, et s'est combiné avec 2 atomes de sulfure de carbone, dont le carbone a été entièrement séparé lors de la dissolution dans l'eau; ce qui rend douteux s'il s'est effectivement formé une combinaison, ou si le sulfure de potassium a seulement décomposé le sulfure de carbone, jusqu'à ce que le premier se soit combiné avec 6 atomes de soufre.

Si nous observons les combinaisons du sulfure de potassium avec d'autres sulfures, qui viennent d'être mentionnées, ainsi que le grand nombre de doubles sulfures déjà examinés, qui se trouvent formés dans les entrailles de la terre, et si nous faisons attention que ces combinaisons s'opèrent en vertu de leurs propriétés électro-chimiques opposées, nous reconnaîtrons que les sulfures métalliques doivent se combiner entre eux suivant les mêmes lois que les métaux oxidés, c'est-à-dire, comme acides et bases, de sorte que, dans ces combinaisons du sulfure de potassium avec les sulfures d'arsenic, d'antimoine, d'étain, etc., le sulfure de potassium est électro-positif, ou représentant la base, tandis que le sulfure du métal, plus électro-négatif, joue le rôle d'acide. Aussi avons-nous depuis long-temps appris par les analyses

que, même dans les doubles sulfures que présente le règne minéral, le soufre de l'un est ou égal à celui de l'autre, ou est multiple par un nombre entier, conformément à la règle générale pour les proportions de l'oxigène dans les combinaisons entre oxides. Il est donc probable que nous découvrirons une grande série de doubles-sulfures analogues aux sels.

VI. *De la Combinaison du sélénium et du tellure avec la potasse.*

Dans la description du sélénium (1), j'ai démontré que ce corps se comporte, à l'égard de l'hydrogène, des alcalis et des métaux, comme le soufre, à tel point que sa combinaison avec les alcalis a la saveur de l'hépar. Il chasse l'acide carbonique des carbonates alcalins, et forme alors un mélange de séléniate de potasse et de séléniure de potassium. Lorsque le potassium s'est sursaturé de sélénium, la combinaison est décomposée par l'eau; il se sépare une portion de sélénium, et le potassium séléniuré à un moindre degré se dissout dans l'eau. Si l'on précipite la dissolution par le nitrate de cuivre sur-saturé d'ammoniaque caustique, le séléniate de potasse reste dans la dissolution, et l'on peut en réduire du sélénium par l'acide sulfureux. Je croyais d'abord qu'il pourrait y avoir ici un degré d'oxidation inférieur à l'acide sélénique; mais les expériences que j'ai faites pour m'en assurer m'ont convaincu du contraire. Ainsi la potasse est réduite en potassium, même par un corps

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. T. IX, p. 280.

qui a si peu d'affinité pour l'oxigène que le sélénium, lorsque le potassium a le moyen de se combiner avec un autre corps, au lieu de son oxigène.

Le tellure se dissout aussi dans l'hydrate de potasse lorsqu'il est bouilli en poudre fine avec une solution concentrée de cet alcali. La dissolution présente une couleur rouge fort agréable. Il est évident qu'elle contient un mélange de tellurate de potasse et de potassium telluré; mais cette combinaison est si faible que l'eau agit sur elle comme un acide. C'est pourquoi, lorsqu'elle est étendue même de très-peu d'eau, ou que seulement elle se refroidit, l'acide tellurique est réduit par le potassium, et le tellure se précipite sous forme de poudre grise métallique, tandis que le potassium reprend l'oxigène et l'eau qu'il avait laissé échapper pour se combiner avec le métal.

Il suit de ce qui précède, que la combinaison rouge qu'on obtient en faisant dissoudre le potassium telluré dans l'eau peut tout aussi bien être du potassium telluré qui n'a pas été altéré, que de l'hydro-tellure de potasse.

RÉPONSE *aux observations de M.* Lonchamp *sur le Mémoire de M.* Anglada *relatif au dégagement du gaz azote du sein des eaux sulfureuses.*

PAR M. ANGLADA.

MON Mémoire sur le dégagement du gaz azote du sein des eaux sulfureuses, publié tome XVIII des *Annales de*

Chimie et de Physique, a suggéré à M. Lonchamp des observations critiques qui ont été récemment insérées tome XIX du même journal (1). L'auteur de ces observations, tout en relevant l'importance du phénomène qui m'avait occupé (2), se propose de réfuter la théorie que j'avais essayé d'en donner ; il conteste les faits expérimentés sur lesquels j'avais cru pouvoir l'établir ; enfin, il avance que j'ai donné trop d'extension au phénomène qui m'avait servi de point de départ.

Si je prouve que j'ai laissé à ce phénomène les limites que lui assignent les observations qui me l'ont offert ; que les faits que j'ai invoqués sont à l'abri de toute contestation ; que l'explication que j'en ai essayée n'est en quelque sorte que la simple traduction des faits observés, j'aurai rempli le vœu de M. Lonchamp (3), et mis les chimistes à même d'apprécier l'opinion que j'ai émise, ainsi que les preuves expérimentales sur lesquelles elle repose.

Le dégagement d'azote pur du sein des eaux sulfureuses, dont j'avais pour but, dans mon Mémoire, de donner la théorie, a été également observé par M. Lonchamp dans l'examen des eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées (4). Cependant, malgré l'extension que ses propres observations donnaient au phénomène qui m'a-

(1) Dans le cours de cette réponse, j'indiquerai mon Mémoire par la lettre M., et les observations de M. Lonchamp par la lettre O.

(2) O., page 194.

(3) O., page 187.

(4) O., *ibid.*

vait occupé, M. Lonchamp me reproche de l'avoir trop généralisé. Le reproche est mérité si j'ai posé en principe, comme il le dit, que *toutes les eaux sulfureuses dégagent de l'azote à leur source* (1). C'est violer, en effet, une règle de philosophie très-importante que d'assigner aux faits particuliers une extension analogique qu'ils ne comportent pas ; mais si j'ai pris toutes les précautions pour maintenir dans leurs limites naturelles les conclusions que j'ai déduites de mes observations, l'imputation n'est pas fondée.

J'avais étudié un fort grand nombre d'eaux sulfureuses ; toutes celles qui, par la disposition des sources, pouvaient manifester spontanément un dégagement gazeux, m'avaient offert de l'azote ; je l'avais constamment retrouvé par-tout où j'avais pu disposer artificiellement la source d'une manière convenable ; toutes ces eaux, sans exception, avaient été reconnues comme tenant un hydro-sulfate alcalin : n'étais-je pas autorisé à avancer que *toutes les eaux, de la nature de celles que j'avais étudiées, laissaient dégager du gaz azote* (2) ? Et n'est-ce pas le langage limité que j'ai constamment tenu, notamment dans l'article 5 du résumé de mon Mémoire, ainsi conçu : *Si ce dégagement d'azote ne peut être généralisé pour toutes les eaux sulfureuses (ce qui demande une observation suivie dans toutes les variétés de ces eaux), il est du moins reconnu qu'on le retrouve dans toutes les eaux sulfureuses, tenant un hydro-sulfate alcalin* (3).

---

(1) O., page 187.

(2) M., pages 120 et 123.

(3) M., page 132.

Pour faire mieux ressortir la nécessité de ne pas regarder ce phénomène comme propre à toutes les eaux sulfureuses, M. Lonchamp cite le beau travail de Fourcroy sur les eaux d'Enghien, et il admet que cette source ne laisse point dégager d'azote, sans autre motif que le silence de cet habile observateur, qui n'eût pas manqué de noter le phénomène s'il eût existé (1).

Je suis tout-à-fait désintéressé à ce que l'eau d'Enghien émette ou non du gaz azote, jusqu'à ce qu'il soit démontré qu'elle recèle un hydro-sulfate alcalin, ce qui est loin d'être établi dans l'analyse que l'on invoque; mais il m'est permis de douter que la preuve que l'on donne de la non-existence du dégagement d'azote soit légitime.

J'avais eu soin d'énoncer dans mon Mémoire que si je n'avais pas recherché avec une sorte de persévérance le dégagement de gaz azote, j'aurais perdu les plus notables occasions de le constater. Je serais peu étonné que ce dégagement, fût-il réel à Enghien, eût été inaperçu si la source est d'un petit volume, si elle est défavorablement disposée pour la manifestation des bulles, et si elle n'est abordable qu'avec des conditions peu propres à faciliter l'observation des phénomènes locaux : or, si je m'en rapporte à la description des lieux donnée par Fourcroy, je n'ai pas de peine à reconnaître que les circonstances étaient en effet peu propices. Qu'on lise ce qu'il dit (page 5 de son Analyse) du bâtiment abritant la source, et l'on verra s'il était facile d'apercevoir et de

---

(1) O., page 187.

noter un dégagement bulleux, se réalisant dans de faibles proportions, lors même qu'il eût existé.

Maintenant qu'on est averti, la chose vaudrait la peine d'être reprise. Les chimistes qui se trouveront près des sources sulfureuses mettront probablement quelque intérêt à vérifier quelles sont parmi ces eaux celles qui se prêtent à la manifestation du phénomène, d'autant que j'ai de fortes raisons de croire qu'on a eu tort d'envisager aussi généralement qu'on l'a fait les eaux sulfureuses, comme tenant en dissolution du gaz acide hydrosulfurique, et que l'on y trouvera, bien plus fréquemment que l'on ne pense, des hydro sulfates, ainsi que je l'énonçai pages 121, 123, etc. de mon Mémoire, et comme le confirme en partie M. Lonchamp lui-même pour les eaux sulfureuses des Hautes-Pyrénées, page 188 de ses Observations.

Je dois même le dire, depuis que l'étude suivie que j'ai faite des eaux sulfureuses m'a fait connaître un si grand nombre de ces eaux, qui cadraient si peu avec l'opinion la plus répandue sur leur nature, je n'ai pu me défendre de présumer que l'eau d'Enghien elle-même contient un hydro-sulfate, en ayant égard à ces deux circonstances, que son odeur augmente sensiblement par l'addition des acides (1), suivant l'observation de M. Deyeux, et qu'elle conserve ses propriétés hépatiques après avoir été portée à l'ébullition, ainsi que Fourcroy l'a noté (2).

---

(1) *Analyse chimique de l'eau d'Enghien*, par Fourcroy, page 21.

(2) *L. c.*, page 41.

Je ne m'étais point contenté, dans mon Mémoire, de faire connaître la nature du gaz que les eaux sulfureuses que j'avais étudiées laissent dégager spontanément; j'avais de plus signalé, comme étant de l'azote pur, celui qu'elles donnent par leur ébullition. Une chose m'avait *surpris* dans ce résultat, c'était de n'avoir pas trouvé à côté de l'azote du gaz acide carbonique et du gaz acide hydro-sulfurique, *d'autant*, disais-je, *que je retrouvais constamment dans ces eaux un sous-carbonate et un hydro-sulfate.* La *surprise* dont je parle faisait allusion à un grand nombre d'analyses qu'on dit avoir été faites des eaux sulfureuses des hautes et basses Pyrénées (1), constamment présentées, comme donnant par la distillation *du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène sulfuré.* Que M. Lonchamp, qui a examiné, à son tour, ces mêmes eaux, traite un peu cavalièrement les analyses dont il s'agit (2), il peut en avoir le droit; quant à moi, je n'avais guère que celui de faire ressortir une différence qui me paraissait remarquable, et de suspecter tacitement l'exactitude de résultats qui contrastaient si fort, pour des eaux d'une même chaîne de montagnes, avec ceux que j'avais mis tous mes soins à bien constater.

M. Lonchamp n'insiste sur cet article que pour jeter du doute sur l'exactitude de mon assertion relative à l'existence du sous-carbonate de soude dans ces eaux, et faire prévaloir l'existence de la soude à l'état caustique,

---

(1) *Poumier.* Analyse et propriétés médicales des eaux minérales et thermales des hautes et basses Pyrénées. *Passim.*

(2) O., page 188.

ainsi qu'il dit l'avoir reconnu (1). M. Lonchamp doit avoir de bonnes raisons pour le penser ainsi; quant à celles que j'ai eues pour indiquer un sous-carbonate, je me contente dans ce moment de citer la suivante.

Je remplissais d'eau sulfureuse un matras que je liais par un tube recourbé avec un flacon tenant de l'eau de baryte. A l'ouverture du matras, j'avais également disposé un tube en *S*, dans le but de pouvoir introduire par cette voie, dans l'appareil, de l'acide sulfurique quand je le jugerais convenable. Je portais alors le liquide à l'ébullition : tant que l'addition d'acide n'avait pas lieu, je n'apercevais le dégagement d'aucun gaz troublant l'eau de baryte; mais aussitôt que j'introduisais l'acide, un dégagement gazeux se manifestait, l'eau de baryte était abondamment précipitée; après quoi, je retrouvais dans le précipité une combinaison d'acide carbonique, et dans le liquide environnant un hydrosulfate de baryte. N'est-ce pas une preuve péremptoire que les eaux que j'avais examinées recelaient un carbonate? Si celles qui établissent, pour M. Lonchamp, l'existence de la soude caustique sont de la même force, je ne crois pas que les chimistes puissent hésiter à envisager les deux faits comme rigoureusement démontrés.

Jusque-là, ce ne sont guère que des préliminaires qui intéressent faiblement la théorie que j'avais exposée dans mon Mémoire sur le dégagement du gaz azote du sein des eaux sulfureuses : c'est ici surtout que commencent sérieusement les objections élevées contre elle par M. Lon-

(1) O., page 188.

champ, qui l'attaque, soit par le raisonnement, soit par des faits : voyons s'il est possible de la justifier.

Les faits que j'avais observés m'avaient amené à reconnaître que la quantité d'air que les eaux naturelles tiennent habituellement en dissolution se renouvelle dans les eaux sulfureuses pendant leur trajet souterrain. On sait que les eaux les plus aérées ne recèlent que de faibles proportions d'air atmosphérique (1); celles qui dans les entrailles de la terre se sont transformées en sulfureuses auraient bientôt perdu cette quantité primitive d'air, par suite de la réaction que j'ai signalée, et dès-lors cette réaction destructrice du principe sulfureux s'arrêterait promptement si l'eau ne pouvait reprendre, dans l'intérieur même de la terre, de nouvelles proportions de ce fluide : or, si elle en reprend effectivement, ce ne peut être qu'autant qu'elle peut renouveler son contact avec l'air dans son cours souterrain. J'étais donc en droit de supposer des courans d'air à travers les canaux des eaux sulfureuses, et je conçois d'autant moins que cette idée répugne à M. Lonchamp, qu'il m'en fournit lui-même une preuve dans son observation sur la source Bruzaut, à Cauterets (2).

Quant à moi, voyant, aux bains d'Arles, que la source *Manyolet* était sulfureuse et que les grandes sources ne

---

(1) Celles que j'ai examinées sur les Pyrénées m'ont régulièrement offert, sur 144 pouces cubes de liquide, 4 pouces cubes d'air, c'est-à-dire, le trente-sixième, précisément dans le rapport signalé par MM. de Humboldt et Provençal, pour les eaux de la Seine.

(2) O., page 193.

l'étaient pas sensiblement, entraîné cependant par les probabilités d'une origine commune, je fus porté à croire que ces dernières avaient cessé d'être sulfureuses, et que peut-être leur trouverais-je ce caractère si je pouvais les mettre à découvert à une certaine distance de leur point d'émergence. Toutes ces conjectures furent confirmées. J'allai chercher l'eau de la grande source sur un point de la montagne où elle était accessible; l'azote s'y dégageait en abondance; je la distillai, elle me donna de l'azote, et resta encore très-sulfureuse. N'avais-je pas à tirer cette conséquence, que l'air qu'elle tenait en dissolution dans cette partie de son cours était loin de suffire pour la complète destruction du principe sulfureux; et puisque ce principe ne se représentait plus au point d'émergence, il fallait bien que l'eau eût repris de nouvel air dans cette partie de son cours. C'est là toute l'acception que j'ai entendu donner à l'expression de *courant d'air* dont je me suis servi pour représenter, comme un fait démontré, pour les parties accessibles des sources, que, malgré que les sulfureuses perdent leur quantité d'air originelle, elles en reprennent des quantités nouvelles dans leur cours souterrain, ce qui ne saurait avoir lieu sans l'accès de l'air.

Aux bains d'Escaldas, l'azote s'échappe en bouillonnemens très-actifs, et l'eau, d'une température + 40°,5., ne laisse pas d'être fortement sulfureuse; eh bien! je retrouvai sur le penchant opposé de la même montagne, environ à une lieue de distance, au hameau de Quez, une source sulfureuse que sa direction, son identité de nature, et sa température qui n'était plus que de 10°, présentaient comme une dérivation des eaux d'Escaldas;

cependant elle dégageait encore de l'azote, et se montrait encore sulfureuse, quoique à un moindre degré. Peut-on croire que l'azote qu'elle manifestait provenait toujours de l'air pris originellement en dissolution par l'eau, malgré la continuité de réaction qu'il faut admettre dans tout le trajet? N'est-il pas plus probable que de nouvelles quantités d'air s'introduisaient dans l'eau à mesure que les premières s'épuisaient, par le dégagement d'azote et le transport de l'oxigène sur le principe sulfureux? Qu'on veuille bien ne pas perdre de vue que ces eaux sulfureuses sont des eaux profondes, peu dépendantes des variations atmosphériques, recueillies par conséquent depuis long-temps dans les entrailles du globe, et pouvant dès-lors avoir été depuis long-temps exposées à l'influence des causes signalées de la destruction de l'air tenu en dissolution, ne sera-t-on pas amené à penser que la petite quantité d'air que les eaux avaient primitivement puisée dans l'atmosphère a dû disparaître depuis long-temps, et conséquemment qu'elle a pu se renouveler dans l'intérieur même de la terre?

Maintenant voit-on, dans ce que je viens de dire, et qui n'est que le développement de ce que j'ai énoncé dans mon Mémoire, qu'on doive tirer comme conséquence, *que toutes les sources minérales ou autres devraient dégager de l'azote au point où elles sourdent*, et *attendu qu'il n'en est pas ainsi, que ma théorie explique un cas sur mille, tout en étant contraire aux neuf cent quatre-vingt-dix-neuf autres* (1)? C'est pourtant l'objection de M. Lonchamp, qui n'a pas vu que la faculté

(1) O., page 190.

de dissoudre de l'air étant très-bornée dans l'eau, ce liquide ne peut en prendre des quantités nouvelles qu'autant qu'il a perdu les premières ; que l'azote ne se montrant à nu dans les eaux sulfureuses (1) qu'à cause que l'oxigène se porte sur le principe caractéristique de ces eaux, on ne doit s'attendre à retrouver ce dégagement d'azote que dans les eaux qui entraîneront en dissolution avec l'air des matériaux capables d'enlever l'oxigène, et de se combiner avec lui ; qu'enfin, il n'est nullement nécessaire, pour que l'interprétation que j'ai donnée de l'émission de l'azote du sein des eaux sulfureuses soit exacte, que *toutes les eaux naturelles émettent de l'azote* ; ce qui n'a aucun rapport avec les faits que j'ai établis.

M. Lonchamp m'oppose encore, comme une objection dont je sentirais toute la force si la citation était exacte, que j'ai retiré des eaux sulfureuses un peu moins de $\frac{1}{300}$ de leur volume d'oxigène, et que *ma théorie suppose que cette petite quantité d'oxigène a pu rester en présence des matériaux sulfureux sans se combiner avec*

---

(1) On voit aisément, par la lecture de mon Mémoire, que si, à propos du dégagement de l'azote du sein des eaux sulfureuses, je rapproche les faits que j'avais également observés du dégagement de l'azote du sein de quelques eaux acidules, je ne prétends nullement que l'interprétation que j'ai donnée au sujet des sulfureuses soit applicable, au même degré, aux acidules. Dans ce dernier cas, on ne voit pas, comme dans l'autre, la cause de l'absorption de l'oxigène. Cependant la ressemblance des effets est tellement frappante qu'elle a dû me suggérer ce rapprochement avec la restriction dont j'ai fait mention. (*Voyez* mon Mémoire, p. 131.)

eux, malgré la compression et autres causes qui tendraient à favoriser cette combinaison (1). Il faut que je me sois bien mal expliqué ou que j'aie été bien mal entendu ; car j'ai déduit toute l'interprétation du phénomène de la réaction continue et progressive que les matériaux sulfureux exercent sur l'air tenu en dissolution dans l'eau. Loin d'affirmer que la petite proportion d'oxigène que ces eaux fournissaient lorsqu'elles étaient distillées à l'aide de certaines précautions, avait résisté à l'action attractive du principe sulfureux, je me suis attaché à faire ressortir, pages 126 et 127 de mon Mémoire, que cette proportion d'oxigène doit varier à chaque instant par le progrès naturel de cette réaction ; qu'ainsi je n'avais nul besoin d'en rechercher eudiométriquement l'évaluation exacte ; qu'il me suffisait de démontrer qu'à tous les instans, cet air retiré de l'eau sulfureuse retenait moins de 0,32 d'oxigène, qui est le rapport ordinaire dans lequel les eaux les plus aérées le contiennent, pourvu qu'on ait soin de dénaturer le principe sulfureux par un sel de plomb avant de procéder à la distillation : c'est que je reconnaissais cette succession de molécules d'air, passant en dissolution dans l'eau, à mesure que le changement énoncé s'opère dans celle-ci. M. Lonchamp n'a pas eu assez égard à l'avidité avec laquelle l'eau qui a été privée d'une portion plus ou moins grande de son air, en reprend de nouveau dans les limites de ses affinités ; c'est cependant le fait fondamental.

Ce chimiste ne pouvait combattre les conséquences

(1) O., page 190.

que j'avais déduites des faits observés qu'en repoussant ces faits eux-mêmes. Ainsi j'avais établi que ces mêmes eaux sulfureuses qui, soumises à l'ébullition, donnent du gaz azote sans oxigène, fournissent du gaz azote mêlé de petites proportions d'oxigène lorsqu'on les fait bouillir après avoir éliminé le principe sulfureux à l'aide d'un sel de plomb. M. Lonchamp a bien senti que tout dépendait de la vérité de cette expérience, contre laquelle il s'élève par trois sortes de considérations : la première, en imputant à erreur ce que j'en dis (1) ; la seconde, en contestant que la chaleur appliquée aux eaux sulfureuses puisse faciliter l'union de l'oxigène et du principe sulfureux (2) ; la troisième, en opposant ses propres expériences aux miennes (3).

J'avais prévenu, dans mon Mémoire (4), que chacune des expériences que j'invoquais avait été répétée un certain nombre de fois. Il eût été bien surprenant qu'opérant sur trois pouces cubes de gaz dont l'oxigène faisait environ le sixième, j'eusse régulièrement constaté sa présence s'il n'eût pas existé. Il faudrait être bien étranger aux manœuvres eudiométriques pour commettre de pareilles erreurs. A cette première imputation, je ne puis donc répondre qu'en répétant que j'avais observé le phénomène un grand nombre de fois, et pris toutes les précautions dont j'étais capable pour éviter l'illusion. M. Lonchamp pourra lui-même infirmer ou confirmer de tels résultats lorsqu'il se retrouvera auprès de quelque source sulfureuse.

---

(1) O., page 193.
(2) O., page 191.
(3) O , page 192.
(4) M., page 124.

Mais M. Lonchamp avait sous la main, même à la Capitale, un moyen facile d'éclaircir l'influence que peut exercer la chaleur pour faciliter ou contrarier le transport de l'oxigène sur le principe sulfureux ; c'était d'en appeler à l'expérience. La théorie lui paraît trop fortement prononcée sur le fait que j'avais établi pour qu'il l'accueille : *Cette manière*, dit-il, *d'envisager les causes de la combinaison des corps gazeux est toute particulière à M. Anglada, et je doute que, dans l'état actuel de la science, aucun chimiste soit porté à l'adopter* (1). Peut-être me serait-il facile de prouver que cette manière d'envisager les combinaisons des corps gazeux n'est pas aussi étrangère qu'il le suppose aux chimistes qui font le plus autorité; mais ce serait une discussion dont je n'ai nul besoin. J'ai mieux que cela à mettre en œuvre actuellement. La théorie me fût-elle défavorable, si les faits étaient pour moi, il faudrait bien que la théorie prît son parti : or, les faits déposent hautement en ma faveur. Je devais les utiliser dans un autre Mémoire, je vais m'en servir aujourd'hui.

J'ai recherché par l'expérience ce que devenait l'air tenu en dissolution dans l'eau commune, lorsque, par l'addition d'une quantité déterminée d'hydro-sulfate de soude, je l'avais transformée en eau sulfureuse, selon que je faisais durer l'action plus ou moins long-temps, ou qu'elle se réalisait à une température plus ou moins élevée.

L'eau que j'employais tenait, dans son état naturel, un air riche de 32,35 d'oxigène sur cent, terme moyen

---

(1) O., page 191.

de plusieurs expériences d'ailleurs très-voisines par leurs résultats.

L'hydro-sulfate de soude avait été préparé récemment, était légèrement humide et ne donnait pas sensiblement de précipité par les acides. J'en introduisais ordinairement 0,3 grammes dans 140 pouces cubes d'eau. La réaction s'exerçait parfaitement à l'abri du contact de l'air extérieur. J'arrêtais sa durée par l'addition d'un peu d'acétate de plomb qui détruisait ce qui pouvait rester d'hydro-sulfate encore indécomposé, et je soumettais aussitôt à la distillation en me servant de l'appareil que j'ai décrit dans mon Mémoire, et la soutenant à chaque fois pendant demi-heure. Il est évident que je devais obtenir un air d'autant moins riche en oxigène que la réaction s'était exercée avec des circonstances de temps ou de température plus favorables : or, voici ce que l'expérience m'a offert.

Après avoir introduit 0,35 grammes d'hydro-sulfate de soude dans 140 pouces cubes d'eau, j'ai laissé réagir pendant quatorze heures à la température atmosphérique, et procédant à la distillation sans addition préalablé d'acétate de plomb, j'ai obtenu de l'azote pur; tout l'oxigène avait complètement disparu, et le liquide retenait encore un excès d'hydro-sulfate, ce dont je me suis assuré. Ce premier résultat est donc exactement le même que celui obtenu avec les eaux sulfureuses naturelles, lorsqu'elles étaient assez riches en principe sulfureux pour qu'il en restât encore après l'absorption de tout l'oxigène.

Lorsque j'ai voulu soumettre à l'épreuve la condition du temps, la température restant la même, j'ai diver-

sement prolongé la réaction de l'oxigène et du principe sulfureux en l'arrêtant à volonté par l'acétate de plomb; chaque distillation m'a donné un air d'autant plus pauvre en oxigène que la réaction avait duré davantage.

Dans les expériences relatives à l'influence de la température, il n'y avait qu'elle de changé; le temps restait le même; j'interceptais toute réaction par le sel de plomb. L'air obtenu offrait régulièrement d'autant moins d'oxigène que la température était plus élevée.

Le tableau suivant représente ces deux derniers ordres de résultats.

TEMPÉRATURE durant la réaction.	TEMPS ou durée de la réaction.	QUANTITÉ D'OXIGÈNE sur 100 parties d'air obtenu.
27°,5	Demi-heure.	26, 59
Idem.	Une heure.	24, 62
Id.	Quatre heures.	18, 10
Id.	Vingt heures.	6, 12
50°	Demi-heure.	19, 91
62°,5	*Idem.*	15, 33
75°	*Id.*	10, 33
87°,5	*Id.*	4, 80

J'aurais pu pressentir les résultats généraux que j'ai obtenus, en les déduisant des expériences et des observations que j'avais faites sur les eaux sulfureuses naturelles; mais je tenais à ne pas m'en rapporter à de simples probabilités; je sentais le prix d'expériences exécutées dans le laboratoire, avec des eaux sulfureuses artificielles, et confirmant de tous points ce que l'étude des eaux naturelles m'avait fait apercevoir. Ces expé-

riences peuvent être facilement répétées : si, après qu'elles l'auront été par d'autres chimistes, elles conduisent, comme je n'en doute pas, aux résultats généraux que je viens d'établir, il faudra bien en conclure, contre la théorie de M. Lonchamp, entre autres choses, que l'oxigène de l'air dissous par l'eau se combine d'autant plus vite avec le principe sulfureux qu'il peut le faire avec le secours d'une plus haute température (1).

Mon lecteur pourra juger maintenant si l'objection que M. Lonchamp va puiser dans sa propre expérience est plus fondée que les précédentes.

Ce chimiste m'oppose en effet qu'après avoir fait bouillir pendant deux heures de l'eau de Barège dans un appareil fermé, elle continuait de précipiter les sels de plomb comme elle le faisait à la source. *Si l'expérience de M. Anglada*, ajoute-t-il, *était exacte, je n'aurais pas dû avoir ce résultat ; car, suivant lui, la chaleur aurait dû faire porter l'oxigène qu'il admet dans les eaux sulfureuses, sur le soufre, et celui-ci n'aurait plus été dénoté par le plomb* (2).

M. Lonchamp aurait dû voir que si l'eau sulfureuse

---

(1) Cette loi rend raison de certains faits relatifs aux eaux sulfureuses. Elle m'explique, par exemple, pourquoi la petite source de Manjolet, aux bains d'Arles, se montre décidément sulfureuse, quoiqu'on ne lui trouve qu'une température de 43° ; au lieu que la grande source qui élève le thermomètre à 61° ne l'est plus sensiblement à son point d'émergence. La première ne paraît devoir cet avantage qu'à son plus rapide refroidissement.

(2) O., page 192.

contient plus de principe sulfureux que n'en peut dénaturer l'oxigène de l'air en dissolution, cet oxigène aura bien pu produire son effet ordinaire sans que l'eau ait cessé pour cela d'être précipitable en noir par les sels de plomb. Seulement le précipité noir devra être un peu moins abondant : or, cette circonstance a été précisément notée par M. Lonchamp lui-même (1), et c'est de l'eau de Barège qu'il était question, c'est-à-dire, de l'eau que M. Lonchamp présente comme la plus sulfureuse des hautes Pyrénées (2).

Je crois avoir suivi M. Lonchamp dans toutes les objections auxquelles il semblait attacher quelque importance; je crois avoir rempli la tâche que je m'étais imposée en abordant cette discussion; je ne pense pas que la théorie que j'avais émise dans mon Mémoire sur le dégagement du gaz azote du sein des eaux sulfureuses y ait perdu : si elle avait gagné en force ou en clarté par les éclaircissemens dans lesquels je suis entré, c'est une obligation que j'aurais à M. Lonchamp, qui m'en aurait fourni l'occasion. En tout cela, je me sens complètement dégagé des intérêts d'auteur; je ne vois que ceux de la science, et je ne suis pas plus disposé qu'un autre à me contenter de placages.

En me livrant à l'investigation de quelques phénomènes des eaux sulfureures, j'ai évité aussi attentivement qu'il m'a été possible d'introduire des hypothèses dans une matière qui n'en est que trop surchargée; j'ai tâché de rendre raison d'un fait important, à l'aide de

---

(1) O., page 192.
(2) O., *idem.*

faits abordables par l'expérience, ou aisément appréciables dans la nature. J'aime à croire en avoir donné une preuve dans ce premier travail, et j'espère que les chimistes retrouveront ces mêmes dispositions dans la suite de mes recherches, dont la publication n'est retardée que par l'étendue des devoirs que m'impose l'enseignement.

Je me propose d'établir entre autres choses :

1°. Que les eaux sulfureuses disséminées avec une extrême prodigalité dans les Pyrénées orientales ne doivent point leurs vertus à l'acide hydro-sulfurique libre, mais bien à un hydro-sulfate alcalin qui n'est pas sensiblement troublé par les acides.

2°. Que l'acide arsénieux est sans action apparente sur elles, à moins qu'on n'y ajoute un acide qui manifeste à l'instant la teinte jaune. (Les effets de ce réactif offrent des phénomènes dignes d'attention.)

3°. Que, malgré les preuves de l'existence d'un hydro-sulfate et de l'absence de l'acide hydro-sulfurique libre, il suffit de soumettre ces eaux à la distillation pour qu'elles laissent dégager certaines portions de cet acide suivant l'époque de l'opération ; ce qui semble attester la conversion d'un hydro-sulfate en sous-hydro-sulfate, et ce qui a pu occasioner quelques méprises dans les cas où l'on a voulu déduire de cette circonstance, que l'eau tenait de l'acide hydro-sulfurique libre.

4°. Que, malgré les preuves de l'existence d'un hydro-sulfate et de l'absence de l'acide hydro-sulfurique libre (du moins dans les rapports appréciables par nos réactifs), l'eau sulfureuse qu'on a introduite dans un bocal, malgré l'abaissement de température, laisse constamment

dégager du gaz acide hydro-sulfurique, jusqu'à ce que tout le principe sulfureux ait été épuisé par la réaction de l'air, ainsi qu'on peut le constater en plaçant, à l'ouverture du bocal, hors du contact du liquide, un papier revêtu d'un empois dont un sel de plomb fait partie ; ce qui mène à des conséquences que je développerai.

5°. Que, quelle que soit la durée de la distillation à laquelle on soumet ces eaux, elles continuent d'être précipitées en noir par les sels de plomb ou d'argent si elles sont plus chargées d'hydro-sulfate que ne peuvent en détruire l'air qui s'y trouve retenu en dissolution, ou l'action du calorique.

6°. Que l'hydro-sulfate alcalin y est constamment associé à un sous-carbonate également alcalin, ce qui fait que lors même que ces eaux sulfureuses ont *dégénéré* dans leur cours souterrain, en perdant leur principe sulfureux, les sources restent encore douées d'une grande activité, mais d'un autre genre, etc.

Personne n'est plus pénétré que moi de l'importance qu'il y aurait à reprendre avec une ardeur nouvelle l'étude des eaux minérales, qui me paraît comme stationnaire depuis trop long-temps. Elle offre sans doute de sérieuses difficultés; mais je suis persuadé que les chimistes qui ne se laisseraient point rebuter par elles seraient largement payés de leur persévérance. Les médecins doivent aussi y coopérer. C'est pour rendre aux élèves de l'Ecole de Montpellier cette tâche plus utilement abordable, que j'ai consacré, à la Faculté des Sciences, des cours entiers à l'art de connaître les eaux minérales. Si, par l'exemple ou le précepte, je parvenais à servir les intérêts d'une branche de recherches dont

l'art de guérir a tant de motifs de désirer l'avancement, je m'en féliciterais très-particulièrement.

En répondant aux observations que mon Mémoire avait suggérées à M. Lonchamp, je rends à ses intentions toute la justice qu'elles méritent; comme personne ne sera plus empressé que moi à applaudir à ses travaux sur les eaux minérales : le zèle qu'il y apporte, et quelques recherches qui l'ont fait avantageusement connaître, garantissent d'avance ce que cette étude peut lui devoir. Moi-même j'en appelle à sa complaisance pour qu'il répète, de son côté, les expériences que j'ai invoquées. Ce n'est qu'avec ce concours de travaux qui se contrôlent les uns les autres qu'on peut espérer d'imprimer une impulsion solide à une étude dont les progrès sont si désirables.

Montpellier, 20 juin 1822.

Note *sur la Vitesse du son.*

Par M. de Laplace.

La formule de la vitesse du son, que j'ai publiée dans les *Annales de Chimie et de Physique*, pour l'année 1816, consiste à multiplier la formule newtonienne, par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante, à sa chaleur spécifique sous un volume constant. La formule de Newton donne la vitesse du son, égale à la racine carrée du rapport de la pression, à la densité de l'air. Si l'on prend pour unité la seconde sexagésimale ; ce rapport à zéro de température, et sous la pression barométrique $0^m,76$, est le pro-

duit de cette pression, par le rapport de la densité du mercure à celle de l'air, et par le double de l'espace dont la pesanteur fait tomber les corps dans la première seconde. J'ai conclu ce double espace, des expériences de Borda sur la longueur du pendule, qui le donnent égal à $9^m,80875$. MM. Biot et Arago ont trouvé le rapport de la densité du mercure à celle de l'air, sous la pression $0^m,76$ et à zéro de température, égal à 10466,82. On aura donc, par la formule newtonienne, la vitesse du son égale à la racine carrée du produit de ces trois nombres, $9^m,80875$, $0^m,76$ et 10466,82; ce qui donne $279^m,331$, pour l'espace décrit par le son dans une seconde sexagésimale. On doit remarquer que, par la loi de Mariote, cette vitesse est constante, quelle que soit la pression, pourvu que la température reste la même. On réduira cette vitesse à la température de 16°, à laquelle on peut supposer que la nouvelle expérience de la vitesse du son a été faite, en la multipliant par la racine carrée de l'unité, augmentée du produit de 16° par la dilatation de l'air, correspondante à un accroissement d'un degré dans la température; dilatation que M. Gay-Lussac a trouvée égale à 0,00375. On a ainsi $287^m,59$ pour cette vitesse; ce qui diffère de $53^m,3$, du résultat de la nouvelle expérience sur le son, que M. Arago vient de publier dans le volume du mois précédent, de ces *Annales*.

Il faut multiplier cette vitesse par la racine carrée du rapport des deux chaleurs spécifiques de l'air. Ce rapport important peut être conclu avec une grande exactitude, des expériences intéressantes que MM. Gay-Lussac et Welter font dans ce moment sur la compression de l'air. Quatre de ces expériences faites sous la pression

atmosphérique $757^{\text{mill.}}$, et que ces savans physiciens ont bien voulu me communiquer, m'ont donné pour ce rapport 1,3748. Les résultats extrêmes ne diffèrent pas de ce résultat moyen, d'un cent trente-sixième de sa valeur. Il est très-remarquable que ce rapport soit à fort peu près constant à toutes les pressions et à toutes les températures. Dans les grands intervalles de — 20° à 40° et de $142^{\text{mill.}}$ de pression à $2300^{\text{mill.}}$, ce rapport n'a pas varié d'un seizième de sa valeur. En multipliant donc $287^{\text{m}},59$ par la racine carrée de 1,3748, on a pour la vitesse du son $337^{\text{m}},202$. On doit faire à ce résultat une petite correction dépendante de l'état hygrométrique de l'air; toutes les expériences de MM. Biot, Arago, Gay-Lussac et Welter ayant été faites sur un air privé d'humidité. La vapeur aqueuse répandue dans l'air atmosphérique étant plus légère que ce fluide, le rend moins dense; elle doit donc produire sur la vitesse du son, un effet analogue à celui de la chaleur. Dans la nouvelle expérience sur cette vitesse, les hygromètres à cheveu indiquaient 72°. En partant des expériences de M. Gay-Lussac sur ce genre d'hygromètres, et en supposant avec lui la densité de la vapeur aqueuse égale à $\frac{10}{16}$ de la densité de l'air; je trouve $0^{\text{m}},574$ pour l'effet hygrométrique de l'air, qu'il faut ajouter à la vitesse précédente. Elle devient ainsi $337^{\text{m}},776$. La nouvelle expérience sur le son donne $340^{\text{m}},9$: la différence $3^{\text{m}},1$ me paraît être dans les limites des petites erreurs dont cette expérience et les élémens de calcul dont j'ai fait usage, sont encore susceptibles.

Lettre *du Professeur* de La Rive *à M.* Arago, *sur de nouvelles expériences relatives aux actions des courans galvaniques.*

Genève, le 22 juin 1822.

« Monsieur,

» L'ingénieuse théorie de M. Ampère, tracée sur des suppositions simples, aisées à concevoir, auxquelles le calcul s'applique avec facilité, explique d'une manière satisfaisante un grand nombre de phénomènes. Ayant fait quelques expériences dans le but de vérifier les hypothèses sur lesquelles se fonde ce savant physicien, j'ai rencontré des difficultés qui m'ont paru de véritables objections. Je viens vous en faire part.

» M. Ampère, conduit par ses idées théoriques, a découvert qu'un fil conjonctif plié en rectangle ou en cercle, et qui peut se mouvoir librement autour d'un axe vertical, se fixe toujours dans une situation telle que son plan devienne perpendiculaire au méridien magnétique, et que son courant se meuve de l'est à l'ouest, dans la partie inférieure de ce rectangle ou de ce cercle. Cette expérience s'explique, d'après son savant auteur, par la supposition de courans électriques à la surface du globe, qui se meuvent de l'est à l'ouest, et amènent à une direction parallèle à la leur, le courant de la partie inférieure; partie qui se trouve plus près que la supérieure de la surface de la terre.

» La supposition de ces courans à la surface de la terre, quelque ingénieuse qu'elle fût, me parut, pour être adoptée, devoir être confirmée par l'expérience. Je crus donc

que, s'il était possible de construire un rectangle dont on supprimerait la partie inférieure sans rien changer au courant électrique dans les trois autres côtés, on pourrait, en faisant passer ce courant dans ce nouveau conducteur, s'assurer expérimentalement si les courans terrestres, tels que les suppose M. Ampère, existent ou n'existent pas : car s'ils existent, ces courans, ne pouvant plus agir sur la partie inférieure supprimée, agiront seulement sur la partie supérieure; et comme, dans cette partie, le courant voltaïque va dans un sens opposé à celui qu'il aurait dans la partie inférieure si elle existait, le rectangle devra en conséquence avoir, dans le cas où il est incomplet, une *direction opposée* à celle qu'il a lorsqu'il est complet, c'est-à-dire, que, dans ce dernier cas, le côté qui se fixerait à l'est devra, dans le premier, se fixer à l'ouest et *vice versâ*.

» Dans le but de soumettre cette idée à l'expérience, je pris un plat de terre de pipe très-peu profond de $0^{m},4$ de diamètre; je fixai avec de la cire à cacheter, et dans la direction d'un des diamètres, une lame de verre qui partageait la surface circulaire du plat en deux parties semi-circulaires, n'ayant plus aucune communication l'une avec l'autre. Je mis le plat exactement de niveau, et la séparation dans la direction du nord au sud; je remplis les deux cases semi-circulaires, de mercure très-pur, et je fixai, à l'est et à l'ouest, sur les bords du plat, deux bandes de platine qui plongeaient à l'intérieur dans le mercure, et, se recourbant à l'extérieur, arrivaient dans deux petits godets de bois remplis de mercure. Je fis plier en forme de fer à cheval à angles droits un fil de laiton de $0^{m},001$ de diamètre. Son côté supérieur avait

$0^m,33$ de long, et chacune des branches latérales $0^m,56$. A l'extrémité de chacune de ces branches, je fis souder un fil de platine long de $0^m,04$. Le côté supérieur portait dans son milieu une aiguille d'acier très-fine qui reposait sur un support d'acier trempé placé dans la perpendiculaire élevée par le centre du plat. Lorsque l'appareil était bien équilibré, son mouvement rotatoire sur cette aiguille était parfaitement libre. Chacune des extrémités latérales garnies de platine arrivait dans une des cases semi-circulaires, à $0^m,02$ environ de la circonférence, effleurait légèrement le mercure, et pouvait, étant toujours en contact avec ce métal, décrire 180°. Afin de faciliter le mouvement des fils de platine sur le mercure, suivant la méthode de M. Faraday, je recouvris ce métal d'une couche d'eau acidulée avec de l'acide nitrique. Cet acide dissout l'oxide à mesure qu'il se forme. J'ai cependant réussi très-bien sans ce moyen, mais alors le mercure se recouvre vite d'une couche d'oxide qui met un obstacle au mouvement des fils (1).

---

(1) J'ai fait faire aussi, dans un plateau circulaire de bois, de $0^m,4$ de diamètre, une petite rainure près de la circonférence. Cette rainure était interrompue dans la direction d'un diamètre, par deux séparations en bois, et elle formait ainsi deux demi-cercles, n'ayant aucune communication l'un avec l'autre. On remplissait ces deux demi-cercles de mercure, et on y faisait arriver les extrémités du rectangle suspendu comme dans l'autre expérience. Cet appareil, mis en action ainsi que les précédens, donnait les mêmes résultats; mais comme on n'en pouvait pas faire usage en employant de l'eau acidulée pour recouvrir la surface du mercure, je l'ai abandonné.

» L'appareil ainsi disposé, je m'assurai que le rectangle restait immobile, dans quelque position qu'on le plaçât. Je l'amenai dans une direction telle que son plan fût perpendiculaire au méridien magnétique, un des côtés étant à l'est et l'autre à l'ouest. Je fis communiquer avec le godet est, le pole négatif d'une pile qui rougissait un pouce ou deux de fil de platine, et je complétai le circuit en plaçant dans le godet ouest le pole positif de la même pile. Le rectangle resta immobile. Je changeai les poles de place : le pole positif fut placé dans le godet est, et le négatif dans le godet ouest. Le rectangle se mit en mouvement ; chacun de ses côtés décrivait 90° ; l'appareil se placa dans la direction du sud au nord, et vint appuyer ses extrémités contre les parois de verre où elles restèrent fixées. Sans rien changer à cette situation, on changea les poles et on les plaça comme dans la première expérience. Le rectangle se mit spontanément en mouvement ; il vint reprendre sa situation est et ouest, et s'y fixa invariablement. Si l'on essayait de l'en dévier à gauche ou à droite, il y revenait toujours avec force. Lorsque, en changeant les poles, on faisait marcher les branches latérales vers la cloison de verre, chacune de ces branches prenait indifféremment la direction sud ou la direction nord. Cette direction paraissait dépendre de la situation de l'appareil au moment où il recevait l'influence voltaïque : si la branche est était un peu inclinée au nord, elle marchait au nord ; si elle était inclinée au midi, elle marchait au midi. Nous avons, mon fils aîné et moi, varié cette expérience de toutes les manières : nous avons placé les poles dans différens endroits, et toujours les phénomènes ont été identiques.

Lorsque le pole négatif communiquait avec la surface semi-circulaire est et le positif avec la surface semi-circulaire ouest, le rectangle restait immobile, ayant son plan dans une direction perpendiculaire au méridien magnétique : si l'on changeait les poles de place, il se mettait en mouvement et se plaçait dans la direction du nord au sud.

» Maintenant comment expliquer ces mouvemens dans la supposition de courans allant à la surface de la terre, de l'est à l'ouest ? Lorsque le rectangle a son plan perpendiculaire au méridien magnétique, et que le pole positif est placé dans le godet est, et le négatif dans le godet ouest, le courant galvanique part de l'est, monte dans la branche latérale du rectangle qui se trouve de ce côté, parcourt sa partie horizontale de l'est à l'ouest, et redescend par la branche occidentale. Dans ce cas, le côté supérieur du rectangle, pouvant seul être influencé par les courans de la terre, devrait rester immobile ; car, dans ce côté, le courant va dans une direction qui serait parallèle aux courans terrestres. Cependant l'appareil se meut. Quelle est la cause de ce mouvement ? Dira-t-on que les courans de la terre ont une action sur les branches latérales ? Mais quelque supposition que l'on fasse pour expliquer l'action de ces courans sur ces branches, il me paraît évident que si l'on démontre que l'appareil doit se mouvoir dans un sens par l'action de ces courans, lorsque le courant galvanique monte dans la branche est et descend dans la branche ouest, il doit se mouvoir dans le sens contraire lorsque le même courant descend dans la branche est et monte dans la branche ouest. Dans le premier cas, nous voyons qu'il se

meut ; mais dans le second, il reste fixe. En effet, si l'on place le pole négatif dans le godet est et le pole positif dans le godet ouest, le courant galvanique, arrivant par l'ouest, monte dans la branche de ce côté, parcourt la partie horizontale de l'ouest à l'est, descend par la branche orientale, et sort par le godet de ce côté. Dans ce cas, le rectangle devrait tourner, sa partie supérieure recevant un courant électrique dans un sens contraire à ceux des courans terrestres présumés : cependant il reste immobile. J'ajouterai à ces observations qu'il me paraît évident que les branches latérales jouent un grand rôle dans la production de ces phénomènes. Lorsqu'elles sont d'une certaine longueur, les mouvemens du rectangle sont fermes, sans hésitation, et n'ont besoin que d'une faible force galvanique. La même chose n'a pas lieu si les branches sont courtes. Lorsqu'elles n'avaient que $0^{m},04$, l'expérience ne réussissait que difficilement ; il y avait des mouvemens irréguliers produits probablement par l'action des bandes de platine qui plongeaient dans le mercure du plat sur les branches du rectangle : ces dernières avec leur peu de longueur étaient influencées par ces bandes (1), tandis que, dans le rectangle à

---

(1) On pourrait peut-être imaginer que des courans dans le mercure peuvent agir sur les branches latérales et les faire mouvoir. Afin de prévenir cette objection, j'ai ajouté aux deux extrémités de platine deux fils du même métal, qui tenaient à ces deux extrémités par une simple boucle ; en sorte qu'ils étaient parfaitement mobiles. C'était par l'expérience de ces deux appendices que l'appareil communiquait avec le mercure : l'expérience réussit comme auparavant.

longues branches, cet effet s'évanouissait complètement. J'observai aussi, avec ce dernier appareil, que si l'on plaçait les poles ailleurs que dans les godets est et ouest, on avait, dans quelques cas, des mouvemens irréguliers provenant de courans qui s'établissent dans le mercure, et qui se trouvent alors assez rapprochés de la branche horizontale pour avoir quelque influence sur elle : ce qui n'a pas lieu quand les branches latérales sont plus longues.

» Telle est, Monsieur, l'objection que je propose à l'hypothèse des courans terrestres de M. Ampère; veuillez avoir la bonté d'en apprécier la valeur. »

Sur *le Parti qu'on pourrait tirer du sulfate de plomb dans les arts.*

Par Mr P. Berthier, Ingénieur des Mines.

Depuis long-temps on prépare l'acétate d'alumine dont on fait usage dans les fabriques d'indienne, en mêlant ensemble de l'alun et de l'acétate de plomb. De ce mélange il résulte en même temps du sulfate de plomb très-pur ; mais jusqu'ici on n'a tiré aucun parti de ce sel : les fabricans les plus instruits se sont contentés de le mettre en réserve, prévoyant bien que tôt ou tard il aurait de la valeur, et quelques-uns en possèdent maintenant des amas considérables. Je me propose, dans cet article, de faire connaître plusieurs moyens d'utiliser cette matière.

On pourrait réduire le sulfate de plomb, soit en plomb, soit en oxide de plomb purs; on pourrait l'employer dans les usines où l'on a de la galène à traiter pour désulfurer cette substance; on pourrait le substituer à l'alquifoux pour vernisser les poteries communes, ou au minium pour faire le verre dont on recouvre la faïence blanche dite *terre de pipe*, et même pour préparer le plus beau cristal; enfin, il serait possible de recueillir le gaz acide sulfureux qui résulte presque toujours de sa décomposition, et de convertir ce gaz en acide sulfurique.

On se fera une idée de la valeur qu'aurait le sulfate de plomb relativement à ces différens usages en faisant attention à sa composition; il contient :

	plomb	0,6829	oxide de plomb..........			0,7356
0,2110	oxig.	0,0527				
	oxig.	0,0527	oxigène	0,0527	acide sulfurique	0,2644
	oxig.	0,0527	acide sulfureux	0,2115		
	soufre	0,1061				

D'après le prix actuel des marchandises, on voit que 100 kil. de ce sel renferment pour 48 fr. de plomb, pour 50 fr. d'oxide de plomb, pour 4 fr. 25 cent. de soufre, et pour 13 fr. d'acide sulfurique.

Réduction du sulfate de plomb en plomb.

Lorsqu'on chauffe à la simple chaleur rouge, soit du sulfate de plomb pur dans un creuset brasqué, soit du sulfate de plomb mélangé d'une quantité suffisante de charbon en poudre dans un creuset nu ou dans une cornue de terre, il se réduit : la moitié de l'acide sulfurique

qu'il contient se transforme en acide sulfureux, et le plomb forme un sous-sulfure avec le soufre qui provient de l'autre moitié. L'acide sulfureux entraîne avec lui une certaine quantité de ce sous-sulfure à l'état de vapeur; mais cette quantité est très-petite et s'élève à peine aux deux centièmes du poids du culot. Lorsque, dans les mêmes circonstances, on élève la température au-dessus de la chaleur rouge, le sous-sulfure se décompose lui-même, et se change en un autre sulfure qui se volatilise, et en plomb qui reste mélangé au sous-sulfure non décomposé. La perte de plomb par volatilisation est d'autant plus grande que l'on chauffe plus fortement et pendant plus long-temps. Les expériences suivantes justifient ces assertions.

100 gr. de sulfate de plomb mêlés de 9 gr. de charbon calciné ont été chauffés dans une cornue de terre, au bec de laquelle on avait adapté un tube de verre plongeant dans un flacon rempli d'eau; le dégagement de gaz a duré une demi-heure : au bout de ce temps, on a démonté l'appareil, et on a trouvé au fond de la cornue une masse scoriforme de sous-sulfure de plomb qui retenait encore environ un demi-centième de son poids de sulfate. L'eau ne contenait que de l'acide sulfureux; le tube de verre était tapissé d'une couche mince de sulfure de plomb grenu et cristallin. D'après la proportion de charbon employée, on voit que ce combustible a dû être converti partie en acide carbonique et partie en oxide de carbone.

10 gr. de sulfate de plomb chauffés dans un creuset brasqué au fourneau de calcination, pendant un quart d'heure, ont produit une masse métallique scoriforme

pesant 7g,1, et composée de 0g,4 de soufre et 6g,7 de plomb. Le sulfate de plomb ne contenant que 0,683 de métal, on voit qu'il ne s'en est volatilisé que fort peu pendant l'opération.

10 gr. de sulfate de plomb traités de la même manière, mais chauffés pendant une demi-heure au fourneau de calcination muni d'un tuyau d'aspiration, ont donné un culot pesant 6g,3.

Enfin, dans une troisième expérience, le creuset étant resté au feu pendant trois quarts d'heure, on a obtenu un culot demi-ductile, pesant seulement 5g,3.

D'après ces expériences, on voit qu'en chauffant au four à réverbère, à une chaleur modérée, du sulfate de plomb mélangé de charbon dans la proportion d'un dixième de son poids au moins, on le réduirait en sous-sulfure sans éprouver de perte notable. Cette opération, facile à exécuter, coûterait fort peu. En traitant ensuite le sous-sulfure par l'un des procédés que l'on applique à la galène, on en extrairait le plomb très-aisément.

Mais il y a un moyen plus simple encore et en même temps plus économique de réduire le sulfate de plomb en plomb métallique pur.

On sait, par les expériences de M. Guenyveau, que le sulfate et le sulfure de plomb se décomposent réciproquement, et M. Puvis a fait voir que lorsqu'on mélange ces deux substances dans une proportion convenable, il en résulte du plomb pur. Le sulfate et le sous-sulfure réagissent l'un sur l'autre de la même manière, et peuvent aussi produire du plomb pur; c'est ce que prouve l'expérience suivante : 20 gr. de sulfate et 29 gr. de sous-sulfure ayant été chauffés jusqu'à la chaleur

blanche dans une cornue de terre ; il s'en est dégagé une quantité considérable d'acide sulfureux de la plus grande pureté, et il est resté au fond de la cornue un culot de plomb ductile pesant 38 gr., et recouvert d'une couche mince d'oxide vitrifié : le mélange contenant 40 gr. de métal, on voit qu'il n'en est resté que la vingtième partie à l'état d'oxide. Maintenant si l'on chauffe du sulfate de plomb avec une quantité de charbon insuffisante pour le réduire tout entier en sulfure, le sulfure formé ne tardera pas à réagir sur le sulfate non décomposé : or, si l'on fait en sorte que ces deux substances se trouvent, après l'action du charbon, dans le rapport de 29 à 20, le produit définitif de l'opération devra être du plomb pur. C'est effectivement ce qui arrive lorsque l'on mêle au sulfure de plomb les 0,06 de son poids de charbon. J'ai fait l'expérience sur 100 gr. de sulfate, et j'ai obtenu un culot métallique pesant 63 gr., recouvert par une légère couche d'oxide fondu. La réduction n'a pas été tout-à-fait complète, parce qu'une portion du sous-sulfure s'est soustraite à l'action de l'oxide en se mêlant au plomb ; aussi celui-ci était-il un peu aigre : mais on l'a rendu parfaitement ductile en le fondant avec 0,02 à 0,03 de son poids de limaille de fer ; ce qui prouve qu'il retenait encore 0,01 de soufre.

Cette opération se ferait fort bien en grand dans un fourneau à réverbère, et elle serait peu dispendieuse : on laisserait reposer le plomb en fusion pendant quelque temps dans les bassins de réception ; il s'en séparerait une matte que l'on désulfurerait en la chauffant avec du sulfate, et l'on fondrait au fourneau à manche les scories que l'on retirerait du fourneau à réverbère. Je

crois que le meilleur parti que l'on puisse tirer du sulfate de plomb serait de le traiter par ce procédé. On en retirerait aisément, et avec peu de dépense, 0,65 à 0,66 de plomb, et ce plomb serait certainement très-recherché à cause de sa grande pureté : effectivement il ne contiendrait qu'une trace insignifiante d'argent, et il ne renfermerait pas un atome de cuivre, de zinc, ni d'antimoine, métaux qui par leur mélange altèrent souvent la ductilité des plombs du commerce.

Conversion du sulfate de plomb en oxide.

Le sulfate de plomb se convertit en oxide pur lorsqu'on le chauffe à la chaleur blanche, après l'avoir mélangé avec une proportion de charbon seulement suffisante pour transformer l'acide sulfurique qu'il contient en acide sulfureux, ou pour former une quantité de sous-sulfure moitié moindre que celle qui se produit quand on réduit le sulfate en plomb. J'ai trouvé par l'expérience que la proportion de charbon qu'il faut employer est de 0,03. L'oxide que j'ai obtenu par ce moyen était parfaitement homogène, compacte, vitreux, transparent et d'un beau jaune de résine. Ainsi, à l'aide du charbon seul, on peut à volonté convertir le sulfate de plomb en sous-sulfure, en plomb ou en oxide pur.

Le plomb métallique décompose facilement aussi l'acide sulfurique que contient le sulfate de plomb, et change par conséquent celui-ci en oxide en s'oxidant lui-même. On trouve par le calcul que la proportion de plomb à employer doit être les 0,68 du poids du sulfate : en employant cette proportion, j'ai effectivement

obtenu un oxide très-pur, et il n'est resté au fond du creuset qu'un très-petit grain de plomb métallique. Si l'on se servait de plomb argentifère, l'argent resterait avec la petite portion de plomb non oxidé, et l'opération équivaudrait à un affinage.

Pour réduire le sulfate de plomb en oxide, on pourrait encore substituer au plomb soit de la galène, soit du sous-sulfure. L'addition de 7g,3 de sous sulfure à 10 gr. de sulfate m'a parfaitement réussi, ainsi que le calcul le faisait présumer.

Extraction de l'acide sulfureux.

Il serait possible d'opérer en grand la décomposition du sulfate de plomb dans des vases clos, tels que des tuyaux de terre ou même des tuyaux de fonte, et par conséquent de recueillir le gaz acide sulfureux qui résulte de cette décomposition : en faisant passer ce gaz dans des chambres de plomb remplies de vapeur nitreuse, on le convertirait en acide sulfurique. Si l'on employait le charbon pour réduire le sulfate de plomb, l'acide sulfureux qui se dégagerait serait mêlé d'un poids presque égal au sien d'acide carbonique et d'oxide de carbone, et les chambres se trouveraient promptement pleines de gaz. Pour éviter cet inconvénient, il faudrait réduire d'abord deux parties du sulfate de plomb en sous-sulfure par le moyen du charbon dans un fourneau à réverbère, et chauffer ensuite ce sous-sulfure dans des tuyaux avec une partie de sulfate de plomb. En suivant cette méthode, on extrairait en définitive du sulfate de plomb les deux tiers de l'acide sulfureux qu'il est susceptible de produire.

Pour retirer la totalité de cet acide à l'état de pureté, il faudrait décomposer le sulfate de plomb par le plomb, par la galène ou par la ferraille employée dans la proportion de 0,15 ; mais je dois faire observer que le soufre est maintenant à si bas prix qu'il est douteux que l'on puisse extraire avec profit l'acide sulfureux du sulfate de plomb, au moins par ces procédés.

Traitement de la galène par le sulfate de plomb.

Dans une usine où l'on aurait à traiter à la fois de la galène et du sulfate de plomb, il y aurait beaucoup d'avantage à mélanger ensemble ces deux substances, parce que l'on économiserait par-là tous les frais du grillage de la galène. Pour que la réduction et la désulfuration fussent complètes, il faudrait que le mélange se composât de 79 de galène sur 100 de sulfate de plomb : il en résulterait environ 137 de plomb métallique. Si la galène était argentifère, il conviendrait d'en mettre une proportion moindre dans le mélange, par exemple, 50 pour 100 de sulfate, afin d'enrichir le plomb d'œuvre et d'en diminuer la quantité. De quelque manière que ces mélanges soient faits, ils devraient être traités au fourneau à réverbère absolument de la même manière que la galène pure. (*Voyez*, à ce sujet, le Mémoire de M. l'ingénieur Puvis, *Ann. des Min.*, t. II, p. 301.)

Décomposition du sulfate de plomb par la silice.

Le sulfate de plomb est indécomposable par la chaleur seule ; mais il y avait lieu de supposer qu'il serait facilement décomposé par la silice et par toutes les sub-

stances susceptibles de se vitrifier avec l'oxide de plomb. L'expérience a confirmé cette supposition.

J'ai mêlé 16 gr. de cristal de roche réduit en poudre impalpable, avec 11 gr. de sulfate de plomb; j'ai placé le mélange dans un petit creuset de Hesse exactement pesé, et j'ai renfermé celui-ci dans un autre creuset bien luté. J'ai chauffé le tout pendant une heure, en graduant la température jusqu'à la porter à 60° pyrométriques. Le petit creuset ayant été pesé de nouveau, j'ai trouvé que son poids avait diminué de 3g,3 : or, cette perte correspond à-peu-près aux 2g,9 d'acide sulfurique que contenaient les 11 gr. de sulfate de plomb employés : ce sel avait donc abandonné tout son acide. La matière qui restait dans le creuset formait un émail spongieux, translucide et d'un très-beau blanc. J'ai répété l'expérience avec des proportions variées de quartz et de sulfate de plomb; il y a toujours eu décomposition. Avec 4 de quartz et 12 de sulfate, 4 de quartz et 6 de sulfate, j'ai obtenu des verres compactes, parfaitement transparens, d'un jaune de miel ou d'un jaune de soufre. Avec 4 de quartz et 3 de sulfate, je n'ai obtenu qu'un émail spongieux, même à la température de 150° pyrométriques. Il y a eu encore décomposition du sulfate de plomb, et vitrification à la température de 60°, en employant parties égales de ce sel et d'un mélange d'argile et de chaux fusible seulement à la température de 150°.

Ces expériences donnant lieu de présumer que le sulfate de plomb serait propre à remplacer les diverses matières plombeuses que l'on emploie comme fondans, j'ai essayé de le substituer à l'alquifoux pour vernisser les

poteries communes, et au minium pour préparer le cristal.

Substitution du sulfate de plomb à l'alquifoux.

J'ai enduit quelques petits creusets de Hesse d'une couche mince de sulfate de plomb délayé dans de l'eau ; j'ai renfermé ces creusets dans des étuis, et je les ai chauffés à la chaleur blanche : ils se sont tous trouvés recouverts d'un verre jaunâtre, transparent et brillant comme ils l'auraient été si l'on se fût servi d'un alquifoux de première qualité. L'alquifoux de première qualité est de la galène pure; sa valeur serait à celle du sulfate de plomb :: 13 : 10. Mais l'alquifoux ordinaire contenant, outre la galène, divers minerais de plomb moins riches, tels que du carbonate et des matières pierreuses en assez grande proportion, le sulfate de plomb aurait au moins autant de valeur.

Substitution du sulfate de plomb au minium pour préparer le cristal.

Le verre auquel on donne le nom de *cristal* est essentiellement composé de silice, de potasse ou de soude et d'oxide de plomb : on y fait entrer une proportion plus ou moins grande d'oxide de plomb, selon l'usage auquel on le destine. Celui qu'on emploie pour les objets de luxe contient :

Silice,	0,61 ;
Oxide de plomb,	0,33 ;
Potasse,	0,06 (1).

(1) C'est le résultat qu'a donné l'analyse qu'on a faite du cristal de Vonêche. Il est remarquable que ce résultat soit

Jusqu'ici on ne s'est servi que du minium pour préparer cette matière. Cet oxide, outre qu'il coûte fort cher (100 à 120 fr. le quint. mét.), a l'inconvénient de contenir souvent un peu d'oxide de cuivre qui donne au verre une teinte bleue. Le sulfate de plomb n'aurait pas cet inconvénient, puisqu'il est toujours parfaitement pur; et comme il ne vaut que 10 à 12 fr. le quint. mét., on trouverait en même temps une grande économie à le substituer au minium. Cette substitution réussit parfaitement en petit, et je suis convaincu qu'elle réussirait également en grand pour la préparation des verres communs, et de ceux que l'on emploie pour couvrir les faïences à pâte blanche; mais comme je n'oserais garantir le succès quant au cristal de première qualité, parce qu'on exige que cette substance ait une compacité et une limpidité parfaites, et que je ne saurais affirmer que le sulfate de plomb ne nuira en rien à ces qualités, j'engage les manufacturiers à en faire l'essai; en attendant, je vais rapporter ici le résultat des expériences de laboratoire que j'ai pu faire à ce sujet.

J'ai chauffé, à la température de 60° pyrométriques, dans un creuset de terre exactement pesé, un mélange de

Cristal de roche en poudre,	12 gr.
Sulfate de plomb,	9
Carbonate de potasse calciné,	2.

---

presque identique avec celui qu'exprime la formule très-simple $KPl^2 S^{12}$.

Après l'expérience, le poids du creuset avait diminué de $2^{g},7$: cette perte correspond presque exactement au poids de l'acide sulfurique contenu dans le sulfate de plomb, et de l'acide carbonique contenu dans le carbonate de potasse. La matière formait un émail vitreux, boursoufflé, translucide et d'un blanc de lait. La chaleur n'avait pas été assez forte pour opérer la vitrification; mais la décomposition du sulfate de plomb avait été complète.

Un mélange analogue composé de

Cristal de roche en poudre,	72 gr.
Sulfate de plomb,	50
Carbonate de potasse calciné,	15

ayant été chauffé à la température de 130°, a donné un verre transparent, mais légèrement grisâtre et un peu bulleux.

Dans une troisième expérience, j'ai obtenu un verre limpide, mais il n'était pas encore tout-à-fait exempt de bulles.

La difficulté d'obtenir du cristal sans bulles vient de ce qu'au moment où il entre en fusion il éprouve un bouillonnement qui le boursouffle considérablement, et qui est tel qu'il soulève quelquefois la matière jusque par-dessus le bord du creuset. Ce bouillonnement étant occasioné principalement par le gaz sulfureux et par le gaz oxigène qui se dégagent du sulfate de plomb pendant que ce sel se décompose, il m'a paru qu'on pourrait le diminuer beaucoup, et par conséquent qu'on éviterait tous les inconvéniens qui en résultent, en préparant d'abord du silicate de plomb, avec du sable siliceux réduit en farine et du sulfate de plomb, et en fondant ensuite ce silicate

avec du carbonate de potasse. Les expériences précédentes prouvent qu'en employant, pour préparer le silicate de plomb, les proportions relatives de silice et de sulfate de plomb qui entrent dans le cristal (environ 100 de silice pour 75 de sulfate), on n'obtiendrait qu'un émail scoriforme ou spongieux qui n'éprouverait pas une fusion complète : cela serait avantageux en ce que cet émail ne pourrait endommager la sole des fourneaux, à laquelle il adhérerait à peine, et en ce qu'il serait plus facile à écraser et à broyer qu'un verre compacte. J'ai fait l'essai en employant 100 gr. de sable d'Aumont broyé et 75 gr. de sulfate de plomb, et en fondant le silicate qui en est résulté, après l'avoir porphyrisé, avec 18 gr. de carbonate de potasse, et j'ai eu effectivement un verre transparent et parfaitement compacte ; mais il avait une légère teinte verdâtre : j'attribue cette couleur à quelques fragmens d'argile qui s'étaient détachés du couvercle du creuset.

Extraction de l'acide sulfureux.

Si l'on opérait la décomposition du sulfate de plomb par la silice dans des tuyaux de terre, ce qui ne présenterait aucune difficulté, en ne chauffant pas la matière jusqu'à la fondre, on pourrait, en faisant passer dans une chambre de plomb qui contiendrait une certaine quantité de gaz nitreux le gaz acide sulfureux et l'oxigène qui se dégageraient, régénérer immédiatement l'acide sulfurique : il suffirait pour cela d'introduire de temps en temps une certaine quantité de vapeur d'eau dans cette chambre. Comme d'ailleurs il serait inutile d'y faire entrer de l'air atmosphérique, la chambre ne se remplirait pas d'azote, ainsi que

cela a lieu dans le procédé ordinaire ; il ne serait donc jamais nécessaire de l'ouvrir, et par conséquent la même vapeur nitreuse servirait pendant un temps presque indéfini. Ainsi, par ce moyen, on ferait une sorte d'analyse du sulfate de plomb en introduisant sa base dans une combinaison à laquelle elle donnerait une grande valeur, et en n'employant d'autre agent qu'un peu de nitre pour en extraire l'acide sulfurique.

Décomposition du sulfate de plomb par le carbonate d'ammoniaque.

Pour ne rien omettre de ce qui est relatif au sujet que je traite, j'indiquerai encore, en terminant, deux moyens de tirer parti du sulfate de plomb : le premier consiste à décomposer ce sel par le carbonate d'ammoniaque impur que l'on obtient immédiatement de la distillation des matières animales, à le transformer ainsi en carbonate, et à réduire ce carbonate au fourneau à manche ou au fourneau à réverbère. Ce moyen a été employé par M. Pluvinet : il est fort bon ; mais il est évident qu'on ne peut l'employer que dans une fabrique de sel ammoniac.

Décomposition du sulfate de plomb par le carbonate de potasse.

Le second moyen aurait pour but de transformer le sulfate de plomb en carbonate de plomb pur propre à servir dans la peinture, c'est-à-dire, en céruse. Il a été proposé il y a déjà long-temps ; mais j'ignore si l'essai en a été fait en grand. Pour opérer cette transformation, on ferait bouillir le sulfate de plomb avec du carbonate

de potasse, puis on laverait et on évaporerait les liqueurs pour en extraire le sulfate de potasse, que l'on vendrait aux fabricans d'alun. Ce moyen ne pourrait être avantageux qu'autant qu'il en résulterait de la céruse aussi légère et d'un grain aussi fin que celle que l'on fabrique en décomposant l'acétate de plomb par l'acide carbonique : or, cela est très-douteux ; d'ailleurs le sulfate de potasse étant tombé à vil prix depuis qu'on en obtient une si grande quantité dans les fabriques d'acide nitrique et d'acide sulfurique, son produit serait loin de compenser la consommation du carbonate de potasse.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 1er *juillet* 1822.

Le Ministre de l'Intérieur envoie les rapports que plusieurs préfets lui ont transmis sur le dernier tremblement de terre.

M. Dupetit-Thouars, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le fait curieux de physiologie végétale que M. D'Hombres-Firmas a dernièrement communiqué à l'Académie.

Les végétaux, excepté un petit nombre, surtout les arbres, ne fleurissent et ne fructifient qu'après avoir pris un certain accroissement, et la feuillaison précède la fleuraison. Dans l'observation rapportée par M. D'Hombres-Firmas, il est question de deux jolis bouquets de

lilas, rez-terre, que M. Villaret, amateur de fleurs, prit d'abord pour des bouquets détachés de l'arbre voisin, et plantés en terre par des enfans, mais qu'il reconnut ensuite être enracinés. Le rapporteur considère ce fait comme très-important.

M. Gay-Lussac présente verbalement des observations critiques sur le procédé de Mlle Gervais pour la vinification.

M. Geoffroy annonce l'arrivée des collections faites par M. Leschenault-de-Latour à la côte de Coromandel et à Ceylan.

Le même membre communique de nouvelles observations sur les poules dont il a fermé l'oviductus.

M. Desmoulins lit les résultats des expériences qu'il a faites en commun avec M. Magendie sur l'anatomie des lamproies.

La Section de Minéralogie présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante par la mort de M. Haüy. MM. Cordier, Beudant, de Bonnard, Constant-Prévost, Lucas fils.

Séance du lundi 8 juillet.

Le Ministre de l'Intérieur adresse l'ordonnance du Roi qui confirme la nomination de M. Chaussier; Son Excellence demande en même temps à l'Académie de lui présenter des candidats pour la chaire de médecine vacante au Collége de France par le décès de M. Hallé, et pour celle de Minéralogie que M. Haüy remplissait au Muséum.

On procède au scrutin pour l'élection d'un membre: sur cinquante votans, M. Cordier réunit quarante-quatre

suffrages, et M. Beudant six. La nomination sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Dupin fait un rapport verbal sur le nouveau système de guerre maritime que M. Paixhans vient de développer dans un ouvrage imprimé.

Séance du lundi 15 juillet.

M. Yvart fait un rapport verbal peu favorable sur un *Mémoire* anonyme *relatif à l'agriculture française*, qui avait été adressé à l'Académie.

M. Pouillet dépose un paquet cacheté.

On reçoit un *Mémoire* manuscrit du général Brisbane *sur les longitudes de Rio-Janeiro, de Paramatta et de Port-Jackson.*

M. Biot commence la lecture d'un *Mémoire sur le Zodiaque de Denderah.*

M. Fourier lit un *Mémoire sur la Population de la ville de Paris.*

La Section de Médecine et de Chirurgie fait la présentation suivante pour la chaire vacante au Collége de France :

MM. Laennec, Magendie, Chaussier, Capuron, Pelletan fils.

Celle de Minéralogie présente pour la place du Muséum :

MM. Brongniart, Beudant et de Bonnard.

Séance du lundi 22 juillet.

M. Finck adresse le manuscrit d'un nouveau Traité de calcul différentiel.

Le Ministre de l'Intérieur invite l'Académie à lui présenter un candidat pour la place vacante à l'École de pharmacie de Montpellier.

M. Magendie communique une découverte qu'il vient de faire, et dont voici l'énoncé : si l'on coupe les racines postérieures des nerfs spinaux, on n'intercepte que le sentiment dans ces nerfs ; et si l'on coupe les racines antérieures, on n'y intercepte que le mouvement.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire remet sur le bureau une notice sur une nouvelle espèce de bœuf de l'Inde d'une très-grande dimension, caractérisée particulièrement par des rayons épineux répandus sur la moitié antérieure de l'échine. M. Geoffroy cherche à établir que ces rayons sont analogues pour le nombre et les connexions aux rayons de la nageoire dorsale des poissons, et que tous les bœufs présentent d'une manière restreinte et rudimentaire cette même organisation.

L'Académie va au scrutin pour la présentation aux chaires vacantes au Collége de France et au Muséum :

Pour la première, M. Magendie obtient vingt-sept suffrages au deuxième tour de scrutin ;

Pour l'autre, M. Brongniart réunit quarante-six voix sur quarante-huit.

M. Cuvier, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le Mémoire de M. Flourens intitulé : *Recherches sur la sensibilité et l'irritabilité.*

(N'ayant pas pu encore nous procurer ce rapport, dont les conclusions, au reste, étaient très-favorables, nous remplacerons l'analyse que nous aurions désiré en faire par un extrait particulier du travail de M. Flourens : le lecteur le trouvera à la suite de cet article).

M. Biot continue la lecture de son *Mémoire sur le Zodiaque circulaire de Denderah.*

Séance du lundi 29 juillet.

M. Portal rend compte de l'état peu satisfaisant de la santé de M. Delambre.

MM. Jollois et Devillers annoncent, dans une lettre adressée à l'Académie, qu'ils avaient déjà eu, long-temps avant M. Biot, l'idée que le zodiaque de Denderah était un développement de la sphère étoilée sur le plan tangent passant par le pole du monde. Ils envoient à cette occasion, pour la Bibliothèque, un exemplaire de leurs recherches sur les bas-reliefs astronomiques égyptiens, publié en 1816, et dans lequel se trouve, disent-ils, la preuve de leur assertion.

M. Sommé, médecin d'Anvers, adresse un *Mémoire sur les parties de l'encéphale qui servent au sens de la vue*; M. Ferrand, propriétaire à Tournan, la description d'une nouvelle machine hydraulique de son invention; un anonyme, un *Mémoire sur la cause mécanique de la pesanteur.* Nous attendrons les rapports des Commissions pour rendre compte de ces divers Mémoires.

M. Fresnel lit un *Mémoire sur un nouveau système d'éclairage des phares.*

M. Dutrochet lit ensuite un *Mémoire sur l'influence du mouvement sur les directions spéciales qu'affectent les parties des végétaux.*

La Section de Chimie présente, en comité secret, pour la place vacante à l'École de pharmacie de Montpellier, la liste suivante de candidats : MM. Pouzin, Bertin et Figuier. L'élection aura lieu à la prochaine séance.

Supplément *à l'extrait de la séance de l'Académie du 22 juillet 1822.*

Analyse du Mémoire de M. Flourens intitulé : Recherches physiques sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés.

Ce Mémoire se compose de deux parties : la première a pour objet la *détermination des propriétés du système nerveux ;* la seconde, la *détermination du rôle que jouent les diverses parties de ce système dans les mouvemens volontaires.*

PREMIÈRE PARTIE.

Détermination des propriétés du système nerveux.

§ 1. On sait que le système nerveux est tout à la fois l'origine des sensations et des mouvemens. Mais est-ce par une propriété unique, ou par deux propriétés différentes, qu'il détermine deux phénomènes aussi distincts ? Cette question, presque aussi ancienne que la science, n'a jamais été résolue d'une manière définitive.

L'opinion la plus générale a toujours été que le système nerveux n'est doué que d'une propriété unique, en vertu de laquelle il détermine également et les sensations et les mouvemens. Néanmoins, et à diverses reprises, quelques physiologistes ont soutenu l'opinion contraire : savoir, qu'il y a deux propriétés distinctes, l'une pour les mouvemens, l'autre pour les sensations. Mais quand on leur demande si ces deux propriétés résident dans les mêmes parties ou dans des parties différentes, nul n'a répondu par des expériences directes ; et ainsi, cette

opinion, tour-à-tour abandonnée ou reproduite dans la science, n'a jamais été ni complètement établie ni complètement réfutée.

Pour concevoir les motifs de cette longue indécision, on n'a qu'à réfléchir au peu d'expériences suivies qu'on a jusqu'ici tentées sur le système nerveux. Les premières, en date comme en importance, remontent incontestablement à Haller et à ses disciples; et pendant près d'un siècle et demi, on n'a fait que les répéter, ou que raisonner sur elles. Il faut excepter toutefois les expériences vraiment neuves de Lorry et de Legallois; mais ces expériences, elles-mêmes, sont plutôt neuves quant aux résultats que quant à la méthode, et cette méthode, n'isolant point complétement les parties expérimentées, ne pouvait conduire à l'isolement complet des propriétés : or, on ne peut douter que cet isolement ne soit, du moins en grande partie, la véritable cause des plus grands résultats obtenus par M. Flourens.

§ 2. Selon lui, il y a deux propriétés essentiellement distinctes dans le système nerveux : l'une, d'exciter les contractions musculaires; l'autre, de percevoir les impressions.

Il s'agissait de déterminer expérimentalement quelles parties de ce système servent exclusivement à la sensation, et quelles, au contraire, servent exclusivement à la contraction.

Évidemment, l'expérience de chaque partie pouvait seule en constater la propriété : M. Flourens a donc expérimenté, tour-à-tour et séparément, les nerfs, la moelle épinière, la moelle allongée, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et les lobes cérébraux.

De ces expériences ainsi délimitées, il suit :

1°. Que les nerfs, la moelle épinière, la moelle allongée et les tubercules quadrijumeaux, sont susceptibles d'exciter des contractions musculaires; 2° que les lobes cérébraux et le cervelet ne sont pas *susceptibles d'en exciter.*

§ 3. Déjà Haller et Zinn (1) avaient signalé l'impassibilité des couches supérieures des lobes cérébraux; Lorry (2), celle du corps calleux : M. Flourens a, le premier, reconnu cette impassibilité dans tout l'ensemble de ces lobes, dans le cervelet; et le premier, il en a fixé la limite aux tubercules quadrijumeaux.

D'ailleurs, de l'impassibilité observée dans certains points des lobes cérébraux, les physiologistes précédens n'avaient rien conclu, sinon que ces points étaient impassibles. M. Flourens a eu, le premier, l'idée de rechercher dans les parties impassibles le principe des volitions et des perceptions, comme dans les parties excitables, le principe des mouvemens.

Tel a été l'objet d'une suite d'expériences variées à l'infini, et desquelles il résulte que, en isolant convenablement ces diverses parties, on provoque tour-à-tour la contraction ou la sensation, et toujours l'une séparément de l'autre.

D'un autre côté, on savait bien que toute partie séparée d'une manière quelconque de la masse cérébrale produit aussitôt la faculté d'éprouver des impressions perçues, et d'obéir à la volonté. Mais on ignorait en-

(1) *Mémoires sur la Nature des parties sensibles.*

(2) *Mémoires des Savans étrangers,* t. III.

core si la cause de ce phénomène résidait indifféremment dans tous les points de la masse cérébrale, ou dans certains d'entre eux seulement. M. Flourens a, le premier, montré qu'elle réside exclusivement dans les lobes cérébraux; et le premier, il a bien circonscrit ces lobes, en en détachant tout-à-fait, quant à leur manière d'agir, les tubercules quadrijumeaux et le cervelet.

SECONDE PARTIE.

Détermination du rôle que jouent les diverses parties du système nerveux dans les mouvemens volontaires.

Le débrouillement des parties qui servent à la sensation, et des parties qui servent à la contraction étant opéré, il restait encore à déterminer le rôle propre de chacune d'elles dans les *mouvemens volontaires*.

§ 1. *Détermination du rôle des nerfs.*

L'irritation d'un nerf, séparé des centres nerveux par une section ou par une ligature, se borne à exciter des contractions brusques et partielles dans les muscles où ce nerf se rend.

Le nerf n'excite donc proprement que des contractions.

§ 2. *De la Moelle épinière.*

La moelle épinière étant coupée successivement au-dessus du renflement postérieur, de l'antérieur, et près de l'occiput :

D'abord, l'animal perd l'usage des pattes de derrière, puis de celles de devant, et puis de tout le tronc ; mais,

dans tous ces cas, toutes ces parties, les pattes de derrière, les pattes de devant, le tronc, conservent des *mouvemens d'ensemble*.

Ajoutez que ces mouvemens n'ont plus lieu que sous l'effet des irritations extérieures :

Ce qui a disparu, c'est donc, 1° la coordination des mouvemens en saut, vol, marche, station, préhension, etc.; et 2° leur volition de ces mouvemens.

Ce qui est resté, ce sont les contractions, et la liaison de ces contractions en mouvemens d'ensemble.

La moelle épinière lie donc proprement les contractions musculaires en mouvemens d'ensemble; quant à la volition et à la coordination de ces mouvemens, cela réside ailleurs.

§ 3. *De la Moelle allongée.*

1°. L'irritation de la moelle allongée détermine constamment des convulsions violentes.

2°. Sa destruction entraîne promptement la mort; mais ce dernier effet tient à son action sur les *mouvemens involontaires*, dont il n'est pas encore question ici.

§ 4. *Des Tubercules quadrijumeaux.*

1°. Constamment, le retranchement d'un tubercule quadrijumeau fait perdre la vue de l'œil opposé.

2°. L'irritation d'un tubercule détermine des contractions dans l'iris opposé; son ablation complète les y abolit complètement.

Dans les tubercules réside donc le principe primordial des contractions de l'iris, et de l'action de la rétine.

§ 5. *Du Cervelet.*

1°. A mesure qu'on retranche le cervelet par couches successives, l'animal perd graduellement la faculté de voler ou de courir, puis celle de marcher, et finalement celle de se tenir debout.

2°. La moindre altération du cervelet altère l'harmonie des mouvemens coordonnés (saut, vol, marche, station, préhension, etc.); son ablation complète les abolit complètement.

Du cervelet dérive donc exclusivement la *coordination de ces mouvemens.*

§ 6. *Des Lobes cérébraux.*

1°. Un seul lobe enlevé, l'animal perd incontinent la vue de l'œil opposé; mais les contractilités de l'iris de cet œil n'en persiste pas moins encore : l'animal éprouve d'abord une faiblesse beaucoup plus marquée du côté opposé du corps : du reste, il se conduit comme à l'ordinaire.

2°. Les deux lobes enlevés, il n'y a plus vestige ni de volition, ni de mémoire, ni d'aucune perception; la mémoire, la volition, la perception résident donc dans les lobes cérébraux.

§ 7. Comme cette opposition, si remarquable entre la manière d'agir des lobes cérébraux et celle du cervelet, est l'un des points les plus importans du travail de M. Flourens, nous allons, pour en donner une idée juste à nos lecteurs, rapporter ici deux expériences qui nous semblent suffire à mettre cette opposition dans tout son jour.

1re *Expérience.* M. Flourens retrancha le cervelet par couches successives sur un pigeon : au retranchement des premières couches, l'animal n'éprouva que peu de faiblesse et d'hésitation dans ses mouvemens.

Aux moyennes couches, sa démarche devint chancelante et agitée, et tout-à-fait semblable à la démarche bizarre de l'ivresse : bientôt il ne marcha plus qu'avec le secours de ses ailes.

On continua les retranchemens, l'animal perdit totalement la faculté de marcher : ses pieds ne suffisaient plus à la station, et il ne parvenait à se soutenir qu'appuyé sur sa queue, ses coudes et ses ailes : souvent il cherchait à marcher ou à s'envoler, mais toujours sans y réussir.

Le poussait-on en avant ? il roulait sur sa tête. En arrière ? il roulait sur sa queue.

On porta plus loin encore les retranchemens : l'animal perdit jusqu'à la faculté de se tenir appuyé sur ses coudes, sa queue et ses ailes : il roulait continuellement sur lui-même, sans pouvoir s'arrêter à une position fixe ; ou bien il finissait par rester à plat sur le dos ou sur le ventre.

Du reste, il voyait et entendait très bien ; son air était gai, sa tête alerte et éveillée.

2e *Expérience.* M. Flourens enleva sur un pigeon le lobe cérébral droit : l'animal perdit sur-le-champ la vue de l'œil gauche ; mais la contractilité de l'iris de cet œil persista toujours.

Il se manifesta une faiblesse plus marquée aussi du côté gauche.

A ces deux circonstances près, l'animal se tenait de-

bout, marchait, courait, volait, voyait de l'autre œil, entendait, voulait, sentait, comme à l'ordinaire.

On enleva l'autre lobe : la vue fut soudain perdue des deux yeux, mais non la contractilité des iris : il y eut d'abord une faiblesse générale très-marquée.

D'ailleurs l'animal se tenait parfaitement d'à-plomb sur ses pattes ; et dans quelque position qu'on le mît, il reprenait parfaitement l'équilibre ; il marchait quand on le poussait ; quand on le jetait en l'air, il volait.

Mais, abandonné à lui-même, il restait comme plongé dans un assoupissement perpétuel.

Jamais il ne se mouvait qu'autant qu'on l'irritait ; jamais il ne donnait aucun signe de volonté.

La mémoire, la vision, l'audition, la volition ; toutes les perceptions étaient éteintes.

§ 8. Il n'y a pas une de ses nombreuses expériences que M. Flourens n'ait répétée sur chacune des quatre classes des animaux vertébrés ; et il a toujours indiqué les nuances plus ou moins tranchées qui distinguent ces classes entre elles.

§ 9. *Distinction des phénomènes du sentiment et du mouvement.*

Puisque les parties nerveuses d'où dérive le sentiment sont distinctes des parties d'où dérive le mouvement, on conçoit la possibilité de déterminer, à volonté, des paralysies distinctes du sentiment et du mouvement.

1°. L'exemple le plus frappant de cet isolement effectif est celui de la coïncidence admirable de la perte de la vision avec la conservation de la contractilité des iris.

On a vu comment les lobes cérébraux enlevés, l'animal perd incontinent la vue des deux yeux, et n'en con-

serve pas moins la contractilité des iris : pour peu même qu'on irrite la conjonctive, ou les nerfs optiques, ou les tubercules quadrijumeaux, cette contractilité devient convulsive.

Voilà donc, tout ensemble, perte de la vision et convulsibilité des iris, c'est-à-dire, perte du *sentiment* et exaltation du *mouvement*.

2°. Il y a deux moyens d'éteindre la vision sans sortir de la masse cérébrale : l'un, l'ablation des lobes cérébraux : c'est la perte du sentiment; l'autre, l'ablation des tubercules quadrijumeaux : c'est la perte du mouvement.

3°. Finalement, *les deux lobes enlevés*, l'animal ne commence aucun mouvement; mais un mouvement est-il commencé? il le continue.

Il ne marche pas de lui-même, mais il marche quand on le pousse.

Ce n'est plus sa volition qui détermine ses mouvemens; mais une irritation extérieure peut suppléer à la volition, et les déterminer comme elle.

En un mot, tous les phénomènes du sentiment sont éteints, et tous les phénomènes du mouvement n'en persistent pas moins encore.

Rien ne prouve mieux assurément combien ces deux phénomènes sont distincts et indépendans l'un de l'autre.

§ 10. Telle est l'analyse abrégée des expériences que M. Flourens a soumises au jugement de l'Académie; il se propose de lui communiquer également la suite de son travail, qui roule particulièrement sur l'action du système nerveux dans les *mouvemens involontaires* : dès que nous la connaîtrons, nous nous empresserons d'en enrichir ces *Annales*.

Applications *de la machine pneumatique.*

Il y a environ dix à douze ans, l'usage de la machine pneumatique était exclusivement réservé aux recherches de physique et de chimie ; aujourd'hui cet instrument précieux commence à être généralement employé dans plusieurs genres de manufactures anglaises. Il paraît que les raffineurs de sucre, travaillant d'après les procédés de MM. Howard et Hodgson, sont les premiers qui l'aient employé très en grand. C'est un fait bien connu, que les liquides bouillent à une température plus basse sous un récipient vide que lorsqu'ils sont exposés à la pression ordinaire de l'air ; et les raffineurs de sucre, mettant à profit ce principe, ont remédié très-promptement aux inconvéniens du procédé que l'on suivait anciennement pour la cuisson du sucre. Il suffit pour cela de placer les vases contenant le sirop de sucre dans des vaisseaux fermés, où, au moyen d'une machine pneumatique, on entretient un vide tel que le liquide s'y tient en ébullition à une température rarement supérieure à 40° centigrades.

Cet instrument si simple est aussi employé pour coller le papier. On empile d'abord le papier dans un vase, et lorsque le vide y est fait, on l'emplit de colle, et on rend ensuite l'air, qui par sa pression force la colle à pénétrer dans le papier sans lui causer aucun dommage. On emploie un procédé semblable pour forcer des bains colorés à pénétrer à travers des tissus, et y déposer leur matière colorante.

Moyen *de séparer le fer des autres métaux.*

Par Mr J. F. W. Herschel.

(*Annals of Phil. new series* III. 95. Extrait.)

M. Herschel propose, pour séparer le fer des autres métaux, un moyen qui, suivant lui, n'est sujet à aucune objection, et qui réunit à une exactitude *mathématique* les avantages de la facilité et d'une grande promptitude d'exécution : ce moyen est le suivant.

On porte d'abord le fer au *maximum* d'oxidation en tenant pendant quelque temps la dissolution métallique en ébullition avec de l'acide nitrique. *Pendant qu'elle est encore bouillante*, on la neutralise exactement avec du carbonate d'ammoniaque ; tout le fer, jusqu'au dernier atome, se précipite, et les autres métaux (qu'on suppose être le manganèse, le cérium, le nickel et le cobalt) restent en dissolution.

Les précautions à prendre pour assurer la réussite de ce procédé sont en petit nombre et très-simples : il faut d'abord que le manganèse et le cérium ne se trouvent dans la liqueur qu'au premier degré d'oxidation ; et si l'on avait lieu de soupçonner le contraire, il faudrait les y ramener par une courte ébullition avec un peu de sucre ; et en ajoutant de nouveau de l'acide nitrique, le fer seul se trouverait porté au *maximum*. On doit en outre, lorsque l'on fait la précipitation, avoir soin que la dissolution ne soit pas trop concentrée, agiter constamment pendant toute la durée de la saturation, et, quand on approche de son terme, n'ajouter le carbonate que par très-petites quan-

tités et très-délayé. Si l'on avait ajouté trop de carbonate d'ammoniaque, une goutte ou deux d'acide rétabliraient la neutralité; mais on observera, et c'est de ceci que dépend toute la rigueur du procédé, qu'il n'y a aucun inconvénient à dépasser un peu le point précis de la neutralité, *les carbonates récemment précipités des métaux ci-dessus nommés étant jusqu'à un certain point solubles dans les dissolutions dans lesquelles ils se sont formés, quoiqu'elles soient parfaitement neutres.* Pour être assuré néanmoins que l'on n'est pas allé trop loin, il convient, après avoir séparé le précipité ferrugineux, d'essayer le liquide clair encore chaud avec une goutte ou deux de carbonate alcalin; si le nuage qui s'y forme se redissout complètement par l'agitation, on peut être assuré qu'on n'a séparé que le fer; autrement il faudra ajouter un peu d'acide, faire repasser le liquide sur le filtre pour laver le précipité, et recommencer de nouveau la saturation. Le fer ne se sépare point à l'état de carbonate, mais à celui de sous-sel ou de peroxide simple; car la totalité de l'acide carbonique se dégage avec effervescence à chaque addition d'alcali : lorsqu'on ajoute à une solution froide de peroxide de fer un carbonate alcalin, terreux ou métallique, le précipité formé se redissout d'abord rapidement, mais ensuite de plus en plus lentement; et si l'on continue l'addition du carbonate aussi loin que possible, sans produire un précipité permanent, la dissolution est parfaitement neutre et reste claire à une basse température : dans cet état, on peut même l'évaporer à siccité dans le *vide*, et le résidu (*qui ne fait point effervescence avec les acides*) se redissout encore dans l'eau sans abandonner le fer. Mais si l'on chauffe la dissolution

neutre ci-dessus, elle se trouble promptement, dépose en abondance le fer qu'elle contient, et acquiert en même temps *un caractère acide très-prononcé*. L'acide, ainsi développé, tient une portion de fer en suspension; mais si on neutralise de nouveau *à chaud*, le métal se sépare en totalité, et les réactifs les plus sensibles n'en peuvent indiquer aucune trace.

L'urane n'est pas complètement séparé par le procédé ci-dessus décrit, parce qu'il possède des propriétés analogues à celles du fer; on peut néanmoins y parvenir de la manière suivante: on commence par désoxider le fer et l'urane en faisant passer dans leur dissolution un courant d'hydrogène sulfuré; traitant alors par un carbonate terreux, le fer reste en dissolution, tandis que l'urane se précipite. Cependant, en étudiant mieux les habitudes du fer, M. Herchell a rencontré plusieurs anomalies qui demandent de nouvelles recherches. Nous ferons remarquer que le procédé qu'il donne pour séparer le fer du manganèse est à fort peu près celui recommandé très-anciennement par M. Proust dans le *Journal de Physique*: Descostils en faisait fréquemment usage, et le trouvait très-exact. Il consiste à porter le fer au *maximum*, et à verser peu à peu dans sa dissolution du bi-carbonate de potasse jusqu'à ce qu'elle commence à ne plus s'éclaircir parfaitement par l'agitation; en la chauffant, l'acide carbonique se dégage, et le fer dont il favorisait la dissolution se précipite.

Analyse *de la mine de cuivre panachée* (Buntkupfererz).

Par Mr R. Phillips.

(*Annals of Philosophy, new series* III. 81. Extrait.)

Les grandes différences que l'on remarque dans les analyses de ce minéral données par plusieurs chimistes ont engagé Mr R. Phillips à le soumettre à de nouveaux essais.

On doit à Klaproth deux analyses : l'une a été faite sur un échantillon provenant de Hitterdahl en Norwège, et l'autre, de Rudelstadt en Silésie : il obtint les résultats suivans :

	De Hitterdahl.	De Rudelstadt.
Soufre,	19,0	19;
Cuivre,	69,5	58;
Fer,	7,5	18;
Oxigène,	4,0	5.
	100,0	100.

On a d'abord peine à concevoir comment ce minéral pourrait présenter d'aussi grandes variations dans sa composition; car, dans l'un des échantillons, le cuivre surpasse celui de l'autre échantillon dans le rapport de 69,5 à 58; et dans le second, la quantité de fer est plus que double de celle du premier.

Si maintenant on fait, pour un instant, abstraction de l'oxigène, on verra que le minéral de Hitterdahl contient 19 soufre, 7,5 fer, et 69,5 cuivre : or, en partant

des compositions des proto-sulfures de cuivre et de fer telles qu'on les admet le plus généralement, 69,5 de cuivre s'unissent à 17,4 de soufre pour former le proto-sulfure de cuivre; il restera donc seulement 1,6 de soufre, qui, pour former un proto-sulfure de fer, n'exigeraient que 2,8 de ce métal, au lieu de 7,5 indiqués par l'analyse. Mais si l'on regarde comme étant du soufre les 4 parties que Klaproth a prises pour de l'oxigène, on pourra alors considérer la mine comme formée de sulfure de fer et de sulfure de cuivre, et sa composition pourra être représentée par 4 atomes de sulfure de cuivre et 1 atome de sulfure de fer, et on aura :

	Théorie.	Analyse, en mettant le soufre à la place de l'oxigène.
Cuivre,	70,33	69,50;
Soufre,	21.98	21,65;
Fer,	7,69	7,50
	100,00	98,65
		Perte, 1.35
		100,00.

Cette espèce de combinaison est sans contredit possible, mais elle ne semble pas probable à M. Phillips, qui est d'autant plus porté à croire que cette coïncidence est un simple effet du hasard, que l'échantillon de Rudelstadt contient, avec la même quantité de soufre, environ 12 p. $\frac{0}{0}$ de cuivre en moins, et deux fois et demie autant de fer; il consiste en effet, suivant Chenevix, en

Soufre,	17 à	25;
Cuivre,	65	60;
Fer,	18	15.
	100	100.

La différence entre les proportions des élémens de ce minéral a déterminé Mr R. Phillips à le soumettre à un nouvel examen; il s'est servi pour cet objet d'un échantillon de l'île de Ross, dans le lac de Killarney, qui paraissait d'une pureté remarquable, bien cristallisé, et qui n'était mélangé d'aucune trace de mine cuivreuse étrangère; circonstance à laquelle il attribue les variations observées dans les résultats.

M. Phillips, après s'être assuré que le minéral ne contenait ni antimoine, ni argent, ni bismuth, ni plomb, ni arsenic, commença par le chauffer dans une cornue avec de l'acide nitrique afin d'acidifier le soufre, et sépara, par cette méthode, une petite quantité de silice. L'acide sulfurique formé fut évalué au moyen du muriate de baryte; la liqueur, débarrassée de tout excès de muriate de baryte par le sulfate de soude, fut traitée par l'ammoniaque qui en précipita le fer; et enfin, après l'avoir évaporée à siccité, le résidu fut dissous par l'acide muriatique, et traité par la potasse qui sépara le peroxide de cuivre. Les résultats de cette analyse furent :

Soufre,	23,75;
Fer,	14,00;
Cuivre,	61,07;
Silice,	0,5
	99,32
	0,68
	100,00.

En calculant maintenant les élémens de cette substance

dans l'hypothèse qu'elle est formée de 1 atome de sulfure de fer et 2 atomes de sulfure de cuivre, on trouve :

Soufre,	23,53 ;
Fer,	13,73 ;
Cuivre,	62,74 ;
	100,00 ;

nombres assez rapprochés de ceux donnés par l'analyse pour ne laisser aucun doute sur la vraie composition du minéral.

Sur *le Houblon*.

Le houblon (*humulus lupulus*) est une plante de la famille des urticées, de la *Diœcie Pentandrie* de Linné. On ne cultive, pour les usages domestiques, que la plante femelle, et on n'emploie, dans la fabrication de la bière, que les cônes ou feuilles calicinales qui enveloppent la graine. Ces feuilles et la graine sont recouvertes de petits grains brillans, jaunâtres, qui, lorsqu'ils sont séparés au moyen de la friction, forment une espèce de poussière jaune, très-ténue, qui renferme le principe amer et le principe odorant du houblon. M. Planche paraît être le premier qui en ait fait la remarque, ainsi qu'il le justifie par les citations qu'il rapporte dans le *Journal de Pharmacie*, t. VIII, p. 288. Il avait reconnu que le houblon privé de sa poussière jaune n'avait plus d'odeur ni d'amertume, et qu'on les retrouvait dans cette même poussière à laquelle l'alcool peut enlever environ les cinq huitièmes de son poids.

M. Ives, médecin à New-York, a aussi constaté que les principes essentiels du houblon résident dans la poussière jaune qu'on détache de ses cônes, et qu'il croit être une sécrétion du nectaire de sa fleur; mais il paraît être à cet égard dans l'erreur. Il y est encore lorsqu'il avance que le principe odorant n'est point dû à une huile essentielle; car MM. Payen, Chevalier et Planche ont reconnu le contraire; ses expériences ont d'ailleurs été faites trop en petit pour mériter quelque confiance. Il a bien constaté cependant que la poussière jaune donnait à la bière l'amertume et l'odeur qu'on lui connaît, ainsi que la propriété de se conserver; tandis que le houblon qui en avait été dépouillé ne jouissait plus des mêmes avantages. Il a également fait ressortir l'utilité qu'il y aurait pour les brasseries à n'employer que la poussière au lieu des cônes entiers : le transport en serait moins dispendieux que celui du houblon; sa conservation serait plus facile; la perte de liquide que font les brasseurs par son imbibition dans les feuilles calicinales serait moins considérable, et la bière aurait une saveur et une odeur plus agréables.

La poussière jaune paraît d'ailleurs d'une nature très-compliquée. M. Ives y trouve du tannin, un principe amer, de la cire, de la résine, une matière extractive et de la matière ligneuse. (*Annals of Philosophy, new series* I. 194.)

MM. Payen et Chevalier, qui ont fait sur le houblon un travail intéressant imprimé dans le *Journal de Pharmacie*, t. VIII, p. 209, ont reconnu dans la poussière jaune qu'ils évaluent au dixième du houblon :

Huile essentielle, environ	0,02 ;
Sous-acétate d'ammoniaque	
Gomme	
Malate acide de chaux	
Une matière amère	0,125 ;
Une résine bien caractérisée	0,525 ;
Silice....	0,040 ;

Des traces de matière grasse et quelques sels.

Nous nous bornons à rapporter ces résultats sans entrer dans aucun détail des procédés qui les ont fournis, parce que si, d'une part, nous les considérons comme suffisans pour exciter l'intérêt des chimistes pour une plante aussi éminemment utile que le houblon, de l'autre, les divers travaux que nous venons de citer laissent encore beaucoup à désirer.

Sur *le Passage de la flamme à travers des toiles métalliques.*

Par John Deuchar,

Professeur de chimie à Edinburgh.

Pour concevoir les expériences de M. Deuchar, qu'on se représente un tube métallique vertical d'environ 23 pouces de longueur, divisé en 6 parties égales qu'on peut séparer les unes des autres, ou réunir ensemble à volonté. La partie supérieure est disposée de manière que l'on peut y faire détonner par la percussion une poudre fulminante composée de 3 parties de chlorate de

potasse et de 2 de poudre à tirer, bien mêlées ensemble. Le produit gazeux de la détonnation, et par conséquent la flamme, n'a d'autre issue que par la partie inférieure du tube. La toile métallique dont on s'est servi pour intercepter la flamme était de deux grosseurs différentes ; la plus fine portait 4900 mailles par pouce carré anglais, et la plus grosse seulement 1296 ; tandis que les toiles dont on se sert pour la lampe de sûreté de Sir Humphry Davy n'ont, dans le même epace, que de 676 à 784 mailles. On plaçait des disques de ces toiles à la jonction de la première partie du tube avec la seconde, de celle-ci avec la troisième, et on observait si la flamme produite par la détonnation de la poudre fulminante se propageait jusqu'à l'extrémité du tube, et si elle pouvait y déterminer l'inflammation de la poudre à tirer.

Dans une première expérience, pour laquelle on avait mis un disque de la plus grosse toile métallique à la première jointure, la flamme passa à travers la toile et fut aperçue à l'extrémité du tube. Avec deux disques de toile, et même avec trois placés, l'un vers la première jointure, un autre vers la deuxième, et le dernier vers la troisième, l'effet ne fut point différent ; dans une autre expérience, on vit encore la flamme vers l'extrémité du tube, quoique toutes les jointures fussent garnies chacune d'un disque de toile métallique. Enfin, en doublant, triplant et même quadruplant les disques de toile à la première jointure, à la seconde et à la troisième, ce qui faisait en tout 12 disques, la flamme fut aussi propagée au travers.

Mais comme il eût été possible que la flamme, en traversant un si grand nombre de disques de toile métallique, eût été altérée dans sa nature, on garnit succes-

sivement d'un disque de toile la première jointure, puis la première et la deuxième, et enfin, la première, la deuxième et la troisième, et la flamme, après avoir traversé les toiles, enflamma constamment de la poudre placée au fond du tube, sans qu'elles eussent éprouvé la moindre altération.

En employant la deuxième toile métallique dont le tissu était plus fin que celui de la première, la flamme de la poudre fulminante ne fut point interceptée par trois disques de cette toile, et elle enflamma de la poudre placée au fond du tube; mais on remarqua, dans quelques expériences, que le premier disque était percé dans le milieu.

Il paraît résulter de ces expériences, que l'on pourrait employer avec succès la poudre fulminante dont on vient de parler pour mettre le feu aux pièces d'artillerie, et que lorsque la flamme est projetée avec une grande force, elle n'est point complètement arrêtée par les tissus métalliques. (*Annals of Philos. new series* I. 89 et 206.)

Extrait *d'un Mémoire sur quelques nouvelles modifications de l'appareil voltaïque, etc.*

Par Mr R. Hare,

Professeur de chimie dans l'Université de Pensylvanie.

Dans les grands appareils voltaïques dont on fait ordinairement usage, les plaques de cuivre et de zinc sont

réunies en groupes de dix à vingt paires que l'on immerge successivement dans les auges contenant la liqueur acide, ou qui au moins sont rarement immergés au même instant. M. Hare ayant remarqué que l'effet électrique est à son *maximum* au moment même de l'immersion, et qu'aussitôt après il s'affaiblit beaucoup, quoique l'on augmente dans l'intervalle l'action de l'acide, il a disposé son appareil de manière à obtenir ce *maximum*.

Toutes les plaques métalliques sont suspendues à un châssis sur une seule ou sur deux rangées, de manière à pouvoir être immergées en même temps dans la liqueur acide contenue dans un nombre de bocaux de verre égal à celui des paires. L'effet de cet appareil sur les substances que l'on met en communication avec ses deux poles est si énergique au premier instant, que M. Hare a cru devoir lui donner le nom de *déflegrateur* galvanique. La forme des plaques est indifférente ; mais, dans l'appareil de M. Hare, la lame de cuivre de chaque élément forme une spirale fermée, entre les contours de laquelle est roulée la lame de zinc sans la toucher nulle part : la première a environ 14 pouces sur 6 de surface, et la seconde seulement 9 pouces sur 6, parce qu'elle est enveloppée par la lame de cuivre. Le diamètre extérieur de chaque paire est de 2 pouces et demi, et celui du bocal qui la reçoit de 2 pouces trois quarts. M. Hare a soumis plusieurs substances à l'action de cet appareil au moment de son immersion ; mais il n'a d'ailleurs rien observé de particulier qui ne fût déjà connu. Il s'est formé une théorie d'après laquelle le fluide galvanique devrait ses propriétés au calorique et à l'électricité, et

il cite plusieurs expériences à l'appui ; il prétend même qu'elle est la seule qui explique tous les phénomènes observés jusqu'à ce jour. Nous avouerons cependant qu'elle ne nous paraît pas avoir le moindre fondement, et nous ne nous arrêterons pas à la mieux faire connaître ni à la discuter. La seule observation de M. Hare qui nous paraisse mériter quelque attention, quoiqu'elle ne soit point nouvelle, mais qu'il est bon de répéter, c'est que pour avoir le plus grand effet de la pile, lequel est d'une très-courte durée, il faut avoir soin d'en plonger au même instant toutes les plaques dans la liqueur acide.

(*Annals of Philosophy, new series* 1. 329.)

Nouvelle substance *trouvée dans le fer carbonaté argileux* (ironstone) *qui accompagne la houille.*

Par le Rév. J. J. Conybeare.

Sa couleur varie du blanc jaunâtre au jaune de cire et au jaune verdâtre. Sa texture est quelquefois foliacée comme celle du blanc de baleine, et d'autres fois sous-granulaire comme celle de la cire d'abeille. L'éclat, dans la première variété, est légèrement brillant et nacré ; dans la seconde, il est sombre. La transparence, dans les échantillons foliacés, et particulièrement dans les lames minces, est considérable ; dans d'autres, elle est tout-à-fait nulle. La nouvelle substance est aussi molle que le suif; elle n'a ni élasticité ni odeur. Elle se fond dans l'eau chaude, au-dessous de 76°; elle est très-légère. On lui

a donné le nom de *hatcheline*, en l'honneur de M. Hatchett : elle n'a point été analysée. On la trouve remplissant des petites veines dans le fer carbonaté argileux avec du spath calcaire et de petits cristaux de quartz.

(*Annals of Philosophy, new series* I. 136.)

EXPLICATION *de la planche qui présente les dessins détaillés des becs de lampe à mèches concentriques dont on a donné la description dans le Cahier du mois d'avril* 1821.

Fig. 1re. Plan d'un bec à deux mèches concentriques produisant l'effet d'environ cinq lampes de Carcel, avec une légère économie dans la dépense d'huile.

Fig. 2. Plan d'un bec à trois mèches, qui équivaut à dix lampes de Carcel pour l'effet et la dépense.

Fig. 3. Plan d'un bec à trois mèches, dans lequel on a élargi le courant d'air central pour produire un plus grand volume de lumière. L'effet et la dépense de ce bec n'ont pas encore été mesurés. La mèche intermédiaire est un peu plus près de la mèche extérieure que de la mèche centrale, qui s'échauffe davantage.

Fig. 4. Elévation de ce bec.

Fig. 5. Plan d'un bec à quatre mèches équivalant à-peu-près, pour l'effet et la dépense, à vingt lampes de Carcel. Les intervalles qui séparent les mèches et laissent passer les courans d'air diminuent un peu de largeur, depuis la mèche centrale jusqu'à la mèche extérieure.

La coupe de ce bec quadruple est représentée dans la figure 6.

C, *C'*, *C''*, *C'''* sont les crémaillères à l'aide desquelles on peut élever ou baisser chaque mèche.

AB est la projection horizontale du tuyau qui amène l'huile dans les quatre becs.

L, *L*, *L*, etc. sont des petites lames de fer-blanc par lesquelles les becs sont soudés les uns aux autres, et qui sont disposées de champ pour ne pas gêner le passage de l'air.

P est une vis de pression qui sert à maintenir, à la hauteur que l'on veut, la robe *RRR* qui porte la cheminée. Cette vis a l'inconvénient de déformer le bec quand on la serre trop : elle était nécessaire pour chercher la hauteur du coude la plus favorable à la blancheur de la lumière ; mais cette hauteur une fois déterminée, il vaut mieux, pour l'usage ordinaire, que la robe du bec soit soudée.

Fig. 7. Détail de l'assemblage à baïonnette de l'anneau mobile, qui porte une mèche, sur l'anneau fixe soudé à la tige de la crémaillère.

Nota. Toutes les figures ci-dessus sont dessinées sur une échelle de moitié.

Fig. 8. Sur une échelle d'un quart ; élévation du bec quadruple surmonté de sa cheminée *E*, portant une rallonge en tôle *F* qu'on peut allonger ou raccourcir à l'aide d'une crémaillère.

L'expérience a fait voir que la partie mobile de cette rallonge, soutenue seulement d'un côté par la crémaillère, avait l'inconvénient de s'incliner aisément, et alors

de frotter contre la partie fixe. Il est préférable de donner d'abord à la rallonge une hauteur plus que suffisante, et de modérer ensuite le courant d'air au moyen d'un obturateur semblable à une clef de poêle, mais dont la largeur n'ait que le tiers du diamètre du tuyau. Cet obturateur, formé d'une feuille de tôle ou de platine, est situé vers le bas de la rallonge et attaché à un axe horizontal qui porte en dehors un quart de roue dentée, qu'on fait tourner du degré convenable à l'aide d'une petite vis sans fin garnie d'un manche de bois.

Nota. M. Wagner, auquel on doit des perfectionnemens intéressans dans la construction des horloges publiques, a fait des lampes à mouvement d'horlogerie qui montent quatre à cinq livres d'huile par heure dans un bec quadruple, de $0^m,09$ de diamètre, équivalant à dix-sept lampes de Carcel, et l'arrosent ainsi d'une quantité d'huile très-surabondante, puisqu'il n'en brûle au plus qu'une livre et demie par heure : les pompes qui élèvent l'huile sont mues par un fort ressort ou par un poids ; dans le premier cas, l'effet dure six heures; dans le second, il peut se prolonger pendant seize heures et plus sans que l'horloge ait besoin d'être remontée. Les becs à deux et trois mèches concentriques, qui pourraient être souvent appliqués avec avantage à l'éclairage des boutiques et des grandes salles, consommant beaucoup moins d'huile, M. Wagner fabriquerait aisément, pour ces becs, des lampes à poids ou à ressort qui fonctionneraient pendant la durée des plus longues soirées, et même des plus longues nuits, sans être remontées.

Sur *la Temperature produite par la condensation de la vapeur.*

Par M. Faraday (1).

Traduit par M. Billy.

La vapeur jouit d'une propriété curieuse qui, quoiqu'on ait pu la déduire de faits connus, n'a jamais, autant que je sache, été citée ou vérifiée par l'expérience. Je veux parler de la faculté qu'elle possède d'élever certains corps à une température supérieure à la sienne propre. On sait que si on met un sel, du nitre, par exemple, dans une eau qui bout à 100°, cette substance saline fera monter de plusieurs degrés le point d'ébullition de l'eau, sans pourtant élever la température de la vapeur; en sorte que de la vapeur, de la température de 100°, s'élèvera d'une dissolution de nitre dont le point d'ébullition est porté à 115° $\frac{1}{2}$. La converse de cette proposition est vraie aussi, et c'est la propriété que j'ai en vue; car si on met du nitre dans la

(1) M. Faraday était sur le point d'imprimer cette Note dans le *Journal de l'Institution royale*, lorsqu'il apprit du Dr Ure que le fait qui en est l'objet était connu depuis long-temps en France, et que M. Clément le lui avait communiqué. M. Faraday écrivit aussitôt à ce dernier, en le priant, s'il le jugeait convenable, de faire imprimer son observation dans nos *Annales*. Nous nous sommes empressés d'accueillir cette proposition; mais nous nous sommes permis de faire quelques observations que nous prions M. Faraday de ne point interpréter d'une manière défavorable. R.

vapeur à 100°, la vapeur se condensera sur le nitre, en élèvera la température de plusieurs degrés au-dessus de 100°, et la portera même jusqu'à 111°. C'est ce que prouve aisément l'expérience faite de la manière suivante :

Tenez un thermomètre dans une situation horizontale, et placez-en la boule dans un fort courant de vapeur, au moment où elle sort de l'orifice d'une bouilloire. Lorsque sa température est parvenue à 100°, répandez un peu de nitre en poudre sur cette boule ; une portion de vapeur se condensera avec le nitre, formera une dissolution concentrée à la surface du thermomètre, et la température de l'instrument montera à 110°, ou même plus haut.

Si on tient le thermomètre dans une position verticale ; l'eau qui est condensée sur la tige coule sur la boule, étend la dissolution et diminue l'effet. Mais si on met le sel ou la substance dont on fait usage sur un morceau de linge, de flanelle ou de toute autre substance perméable à l'eau et à sa vapeur, et qu'on l'applique sur la boule du thermomètre, on peut faire l'expérience avec une grande facilité, et employer des substances dont l'on ne pourrait convenablement faire usage par le premier procédé.

Voici un tableau de quelques-unes des températures produites par différentes substances ; les premières températures correspondent au cas où les substances forment une enveloppe autour de la boule du thermomètre, ainsi qu'on vient de le dire ; et les secondes ont lieu quand on dépose le sel sur la boule nue, après l'avoir plongée dans la vapeur :

Sulfate de magnésie,	101°,	103°,3;
Tartrate de potasse *,	110°	113°,3;
Acide tartrique *,	105°	107°,8;
Sucre,	106°	102°,2;
Muriate d'ammoniaque *,	108°,3	110°;
Acide citrique *,	109°	110°;
Nitre *,	110°	111°,1;
Nitrate de magnésie,	113°,3	113°,3;
Nitrate d'ammoniaque,	115°,5	113°,3;
Acétate de potasse,	125°,5	117°,8;
Sous-carbonate de potasse,	127°,8	125°,5;
Potasse,	. . . .	159° et plus.

On donne ces nombres, non pour exprimer tout l'effet qui doit être produit, mais seulement pour mieux faire comprendre la propriété dont il est question ici. Lorsqu'on fit usage de la potasse, il se dégagea beaucoup de chaleur par la seule dissolution de l'alcali. L'élévation de température alla au-delà de 204°; mais à 160°, le thermomètre baissait et montait suivant que l'instrument était retiré de la vapeur ou y était replongé de nouveau. Les substances marquées d'une * sont convenables pour essayer l'expérience avec une boule nue.

Cette propriété dépend évidemment de l'attraction que la substance exerce sur l'eau. Lorsqu'on ajoute du salpêtre à de l'eau pure en ébullition, son affinité pour l'eau lui donne la faculté de la retenir, sous la forme de liquide, à des températures plus élevées qu'auparavant; et lorsque le nitre est mis en contact avec de la vapeur à 100°, et qu'il est lui-même chauffé à ce point, la même force (l'affinité) fait qu'il condense l'eau pour se combiner avec elle, jusqu'à ce que le dégagement de calo-

rique produit par cette condensation élève la température du nitre de 11° au-dessus de celle de la vapeur elle-même. Ce n'est donc pas la chaleur mise en liberté par une action chimique, comme celle de l'acide sulfurique et de la potasse, qui produit cette élévation de température; mais c'est la chaleur qui se dégage de la vapeur condensée pour fournir de l'eau à la substance saline; et par une conséquence nécessaire, quoique l'effet soit exactement opposé à la production du froid par un mélange de sel et de neige, il est dû à la même cause.

L'effet, comme on doit s'y attendre, continue sous diverses pressions, et la même différence de température qui existe entre un thermomètre nu et un autre thermomètre revêtu d'une couche de sel, tous deux placés dans la vapeur à 100° et soumis à la pression atmosphérique, cette différence, disons-nous, a lieu aussi quand on augmente la pression et la température.

Lorsque l'alcool est substitué à l'eau, l'effet est encore le même, si on fait usage de substances qui soient capables d'en élever le point d'ébullition. La vapeur de l'alcool qui bout à 83°,3 éleva à 99° un thermomètre recouvert d'une couche de muriate de chaux en poudre. Je fis usage de résine, dans une expérience, avec l'alcool, afin d'obvier à la possibilité que l'effet fût produit par la vapeur de l'eau; mais l'effet devint très-petit.

Il ne semble pas probable qu'on puisse faire aucune application utile de cette propriété aux arts et aux manufactures, pour obtenir, par le moyen de la vapeur, une température supérieure à 100°, à cause de la dissolution continuelle de la substance dont on ferait usage avec la vapeur pour produire cette élévation de température. Si

on fait passer de la vapeur dans du sucre ou dans d'autres substances de la nature de celles dont on a parlé, il est aisé de porter la température à une hauteur considérable. Ainsi, en la conduisant sur du sucre dans un verre, on obtint un sirop dont la température était de 106°,7 ; et en la faisant entrer dans du sous-carbonate de potasse, de la même manière, la température s'éleva jusqu'à 115°,6 centigr. Toutefois ce ne sont là que de simples variations de la première expérience.

On est tombé quelquefois dans des méprises par rapport à la véritable température de la vapeur qui, dans diverses circonstances, se dégage des dissolutions salines ; l'erreur venait de ce qu'on supposait que la vapeur, dans ce cas, différait de celle qui, sous la même pression, se dégageait de l'eau pure. Une méprise de ce genre peut aisément avoir lieu quand un thermomètre dont on a fait usage pour déterminer le point de l'ébullition d'une dissolution, est ensuite, sans avoir été bien essuyé, porté dans la vapeur, pour en connaître la température ; en un mot, toutes les fois que le thermomètre emporte avec lui quelque portion de la substance tenue en dissolution ; car alors il se produit un effet de l'espèce de ceux qu'on a décrits dans ce Mémoire. Mais lorsqu'un thermomètre est bien essuyé, et qu'on le place dans la vapeur qui s'élève d'une dissolution, alors, quelle que soit la température à laquelle bout la dissolution, il indiquera, dans cette vapeur, la même température qu'il indiquerait dans la vapeur de l'eau pure, à la même pression.

Le tableau suivant présente d'une manière à-peu-près

exacte les points d'ébullition des dissolutions saturées de chacune des substances suivantes :

Sous-carbonate de potasse,	140° centigr.
Tartrate de potasse,	116°,7
Muriate d'ammoniaque,	114°,4
Nitre,	115°,6
Sel commun,	109°,0
Nitrate d'ammoniaque,	125°,3 et au-delà.

Observations du Rédacteur. M. Faraday cherche à établir, dans sa Note, que la température de la vapeur aqueuse fournie par une dissolution saline est constamment de 100°, quelle que soit d'ailleurs son point d'ébullition, sous la pression ordinaire de l'atmosphère, et il explique la méprise dans laquelle on est tombé à cet égard par l'observation qui fait le sujet de sa Note. Il serait bien difficile de concevoir que de la vapeur qui se détache de la surface d'une dissolution saline n'en ait pas exactement la température ; mais, sans invoquer ici le secours de la théorie, nous pouvons affirmer, d'après le témoignage irrécusable de l'expérience, que *la température de la vapeur fournie par un liquide quelconque, sous une pression quelconque, est exactement celle de la couche liquide immédiatement en contact avec la vapeur.* Si ce fait a pu échapper à M. Faraday, c'est, nous en sommes persuadés, parce qu'il n'aura pas fait l'expérience assez en grand et avec un thermomètre suffisamment sensible. En effet, comme la vapeur n'a qu'une faible chaleur spécifique, comparativement à la chaleur latente à laquelle elle doit son état élastique, il arri-

vera que si elle ne se forme point en abondance, elle ne pourra pas élever le thermomètre au-delà de 100°, étant facilement refroidie, soit par les parois du vase duquel elle se dégage, soit par son mélange avec l'air, ou enfin par le thermomètre lui-même; si, au contraire, elle se produit en abondance, et qu'on évite les causes de refroidissement que l'on vient d'indiquer, on lui trouvera constamment une température égale à celle de la couche liquide avec laquelle elle est en contact.

Cette proposition est vraie pour un liquide quelconque, quelle que soit l'épaisseur de la couche soumise à l'ébullition. Ainsi, une colonne d'eau faisant équilibre au poids de l'atmosphère ou d'environ 10 mètres, fournirait, dans sa partie inférieure, une vapeur qui serait à la température de 122° ; mais cette vapeur éprouvant, à mesure qu'elle s'élève, une pression moindre, se dilate et se refroidit ; et, parvenue au haut du liquide, elle n'a plus qu'une température de 100°, comme la dernière couche liquide qu'elle traverse.

L'observation qui est le principal objet de la Note de M. Faraday est connue en France depuis long-temps. MM. Desormes, Clément et Champy l'ont faite depuis environ douze ans, et je la connais aussi moi-même dès cette époque. Si elle n'a pas été publiée, c'est qu'on l'avait considérée comme une conséquence trop naturelle du fait généralement connu, que les sels ont la propriété de retarder le point d'ébullition de l'eau en raison de leur affinité pour ce liquide, et qu'on ne peut comprimer la vapeur sans élever sa température.

Il résulte en effet de cette affinité des sels pour l'eau

que, à égalité de température, la force élastique de sa vapeur, en contact avec un sel, est en général plus petite que celle de l'eau pure, et par conséquent que les dissolutions salines doivent avoir leur terme d'ébullition plus élevé que celui de l'eau pure.

D'après cela, si l'on fait arriver de la vapeur à 100° sur un sel que nous supposerons aussi à 100°, sa tension diminue aussitôt, parce qu'une portion de vapeur perd l'état de fluide élastique, et le calorique mis en liberté par ce changement d'état élève la température de la dissolution saline qui se forme. Une nouvelle quantité de vapeur arrivant sur le sel, des effets semblables se produiront encore, et ainsi successivement jusqu'à ce que la dissolution saline ait acquis la température de son ébullition, et que sa vapeur ait une force élastique suffisante pour faire seule équilibre à la pression de l'atmosphère. A ce terme, si on continue à faire arriver de la vapeur sur le sel, il s'en condensera continuellement une petite partie, tandis que l'autre s'échappera plus échauffée qu'elle n'est arrivée, mais aussi moins dense, et la température de la dissolution saline restera constante pendant tout ce temps. Quand enfin tout le sel sera dissous, et lors même qu'il ne se ferait aucune perte de chaleur par le rayonnement ou par le contact de l'air, la dissolution condensera continuellement de la vapeur, et s'éloignera de plus en plus de son point de saturation, jusqu'à ce que son ébullition se fasse au même degré de chaleur que celle de l'eau pure; ce qui, à la rigueur, n'aurait lieu qu'après un temps indéfini s'il ne se faisait aucune perte de chaleur par les causes que l'on vient d'indiquer. La quantité de vapeur qui se condensera à

chaque instant sera proportionnelle à celle qui arrive dans la dissolution, et dépendra aussi du calorique spécifique de la vapeur et de la différence de température entre le degré d'ébullition de l'eau pure et celui de la dissolution saline au moment où on la considère.

On voit, par ces observations, que si l'on voulait dissoudre un sel par le moyen de la vapeur d'eau, on ferait nécessairement une perte considérable de vapeur, si ce n'est pour ceux qui contiendraient beaucoup d'eau de cristallisation; car, en supposant nulle la perte de chaleur par le rayonnement et par l'action de l'air ou des vases, il ne se condenserait, de toute la vapeur arrivant dans le sel, que la très-petite quantité nécessaire pour porter sa température jusqu'à celle de la dissolution saline, et pour compenser la chaleur absorbée ordinairement par les sels en se dissolvant dans l'eau; mais il serait facile de parer à cet inconvénient en ajoutant au sel une quantité d'eau telle que la vapeur ne pût jamais le traverser sans s'y condenser entièrement.

En résumé, l'élévation de température que l'on observe lorsqu'un sel est en contact avec la vapeur dépend de son affinité pour les molécules aqueuses, et le degré auquel elle parvient sous une pression constante est exactement celui de l'ébullition de l'eau saturée du même sel.

G.-L.

Formation *artificielle de l'acide formique.*

Par M. Doebereiner.

Lorsque l'on met ensemble de l'acide tartrique ou de la crême de tartre, du peroxide de manganèse et de l'eau, et que l'on chauffe le mélange, une action tumultueuse ne tarde pas à se manifester ; il se dégage une grande quantité d'acide carbonique, et il distille en même temps un liquide acide que, d'après une épreuve superficielle, l'on prendrait pour de l'acide acétique, mais que l'on reconnaît, par un examen plus sévère, pour de l'acide formique.

En effet, cet acide, mêlé avec de l'acide sulfurique concentré, se change, à une température ordinaire, en eau et en oxide de carbone; le nitrate d'argent ou de mercure le convertit en acide carbonique au moyen d'une douce chaleur, et les deux oxides sont réduits à l'état métallique; enfin, il forme avec la baryte, l'oxide de plomb et l'oxide de cuivre, des combinaisons qui ont toutes les propriétés de celles formées par l'acide formique.

Le résidu que laissent l'acide tartrique et le peroxide de manganèse, après leur action réciproque, est un mélange de tartrate et de formiate de manganèse. On peut séparer ces deux sels au moyen de l'eau, qui ne dissout que le dernier.

Si, dans le procédé que l'on vient de décrire, on ajoute de l'acide sulfurique, l'acide tartrique se changera entièrement en acide carbonique, en eau et en acide formique, et on obtiendra par conséquent une plus grande

quantité de ce dernier. Les meilleures proportions du mélange sont :

1 partie d'acide tartrique cristallisé ;
2 $\frac{1}{2}$ de peroxide de manganèse ;
2 $\frac{1}{2}$ d'acide sulfurique concentré que l'on étend de deux à trois fois son poids d'eau.

Je présume que, dans plusieurs autres procédés, par exemple, en traitant le sucre, l'alcool et d'autres substances végétales avec l'acide nitrique, et peut-être dans plusieurs plantes même, il se forme de l'acide formique que les chimistes pourront observer à l'avenir. Il peut très-bien se faire que, dans plusieurs cas où l'on croyait avoir observé de l'acide acétique, ce soit de l'acide formique ; car on sait que Fourcroy et M. Vauquelin même avaient pris l'acide retiré des fourmis pour de l'acide acétique. Au moyen des rapports que j'ai découverts entre l'acide formique et l'acide sulfurique concentré, et les sels solubles d'argent ou de mercure, qu'il soit en dissolution dans l'eau ou combiné avec une base, on pourra le distinguer suffisamment et presque à l'instant de l'acide acétique, de sorte que désormais il ne sera pas facile de les confondre l'un avec l'autre. (*Annalen der Physik*. LXXI. 107.)

Observation du Rédacteur. Nous nous sommes empressés de répéter l'expérience très-intéressante de M. Doebereiner, et nous avons obtenu exactement le résultat qu'il annonce.

Sur *un Phénomène électro-magnétique.*

Par M. Assiot,
Professeur de Physique à Toulouse.

Le 22 juin 1822, à neuf heures et demie du soir, pendant un orage très-fort, mais heureusement très-court, la foudre tomba sur Toulouse, dans la rue Bouquières, maison n° 15.

Le canon d'une cheminée qu'il endommagea forme l'extrémité supérieure de la route qu'a suivie le feu électrique; la couronne d'un puits qu'il a plus ou moins lézardée jusqu'à trois pieds au-dessous du sol en est l'extrémité inférieure.

Un tuyau de fer-blanc du toit au deuxième étage, et de plomb dans la partie inférieure, qui aboutit à un pied au plus du puits, forme l'ensemble à-peu-près du reste de sa route. Ce tuyau a été percé de onze trous, soit aux endroits où le fer-blanc était oxidé, soit à ceux où les tuyaux, soit fer-blanc, soit plomb, s'insèrent l'un dans l'autre sans soudure : les trous étaient de grandeur à pouvoir y passer au moins trois doigts, et jusqu'à la main entière au bord du toit, là où le feu s'est porté de la cheminée au moyen des clous et chevilles qui arrêtaient les planchettes et solives du plafond d'un petit cabinet immédiatement sous le toit, lequel plafond a été complètement détruit.

Une des chevilles de ce plafond a contracté une si forte vertu magnétique, qu'elle soulevait un couteau de table. On s'en est servi pour aimanter des petits outils de

fer ; mais presque toute sa vertu avait disparu au bout de trente-six heures.

Au moment de l'explosion, un garçon tailleur fumait une pipe, renversé sur une chaise dont le dossier s'appuyait sur une poutrelle d'une cloison extérieure le long de laquelle le tuyau de fer-blanc était fixé par des chevilles : il n'a éprouvé aucune commotion, mais il a été bien surpris le lundi, lorsque, en sortant l'étui de sa poche, les aiguilles ont coulé comme un chapelet, étant assez fortement aimantées pour se soutenir ainsi au nombre de sept ou huit. Un autre étui placé sur une cheminée, à vingt pieds environ du tuyau, contenait cinq aiguilles qui ont reçu une vertu magnétique aussi prononcée. Il est évident que tout ceci n'est dû qu'à l'action du courant ; car la maison, qui est fort resserrée, contenait quatorze ou quinze personnes disséminées dans toutes les pièces, et aucune n'a reçu la moindre impression désagréable que du bruit et de l'éclat de lumière dus à la proximité du lieu de l'explosion, qui s'est répétée onze ou douze fois le long du conducteur.

On m'a apporté ces étuis et ces aiguilles, et j'ai donné à ces braves gens la satisfaction de voir des aiguilles vierges contracter un magnétisme aussi prononcé après deux ou trois décharges d'une seule jarre dont le fluide suivait un fil de laiton roulé en spirale autour des étuis bien fermés d'ailleurs. Il n'en fallait pas moins pour leur persuader que le fluide ne les avait point touchés.

Lettre *de M.* Clément *à MM. les Rédacteurs des* Annales de Chimie et de Physique.

« Messieurs,

» Vous avez imprimé, dans le Cahier de mai 1822, une Notice très-inexacte sur une jolie expérience que le D[r] Wollaston a eu la complaisance de me faire voir à Londres. On suppose qu'en écrivant avec un petit bâton de verre dans une dissolution de magnésie étendue sur une plaque de verre, on y verra se produire des traits blancs qui indiqueront la présence de la magnésie; il fallait dire que ce joli phénomène n'avait lieu qu'autant que la dissolution de magnésie avait été préalablement décomposée par un mélange de phosphate et de carbonate d'ammoniaque. Cette substance, redissoute par l'excès de carbonate, est précipitée suivant la trace du petit bâton qui a servi de style, parce que le frottement a dégagé de la chaleur qui a chassé l'acide carbonique. Lorsque j'ai raconté ce procédé à la Société philomatique, je n'ai point oublié de faire mention de cette circonstance essentielle; veuillez en réparer l'omission, qui ne m'appartient nullement (1).

» J'ai l'honneur de vous saluer, etc. »

---

(1) La Note qui a donné lieu à cette réclamation de M. Clément avait été tirée du *Bulletin de la Société philomatique*.

Sur *la Forme cristalline de la mine de cuivre jaune, par* W. Phillips; *et sur son analyse, par* R. Phillips.

(*Annals of Philosophy, new series* III. 296. Extrait.)

Tous les minéralogistes, depuis Romé de Lisle, ont considéré jusqu'à ce jour le tétraèdre régulier comme étant la forme ordinaire du cuivre jaune, et même comme la forme primitive de ses cristaux. Il faut cependant excepter Mohs de ce nombre, qui prend pour la forme primitive un octaèdre à base carrée, et qui indique des clivages parallèles à ses faces.

Mr. W. Phillips possédait depuis plusieurs années des cristaux de cette substance avec des faces parfaitement brillantes et d'un clivage régulier, et même l'octaèdre primitif produit par le clivage; mais il n'avait pu se satisfaire lui-même jusqu'à présent sur la manière dont l'octaèdre est déguisé dans le tétraèdre qui est la forme dominante des cristaux, et il lui eût été difficile de le faire encore sans le secours de M. Levy, très-versé dans la géométrie et la cristallographie.

Le tétraèdre que le cuivre pyriteux affecte le plus ordinairement, mais qu'on ne trouve jamais, suivant Mr W. Phillips, sans avoir ses angles solides tronqués, approche tellement du tétraèdre régulier, qu'il n'est point surprenant qu'il ait trompé l'œil du minéralogiste, même armé du goniomètre ordinaire.

L'octaèdre primitif est plus aigu que l'octaèdre régulier. Les angles latéraux des pyramides sont chacun de 101°, 52', et ceux formés par la réunion des deux pyra-

mides de 126°, 30′ : ils ont été pris avec le goniomètre à réflexion sur des faces brillantes obtenues par le clivage.

Le cuivre jaune amorphe, dont M. Gueniveau nous a donné l'analyse, est composé de

Soufre,	36,36;
Fer,	33,00;
Cuivre,	30,64.
	100,00.

Le cuivre jaune cristallisé, analysé par Mr R. Phillips, lui a donné :

Soufre,	35,16;
Fer,	32,20;
Cuivre,	30,00;
Matières terreuses,	0,50;
Plomb, arsenic et perte,	2,14.
	100,00.

La variété mamelonnée a donné :

Soufre,	34,46;
Fer,	30,80;
Cuivre,	31,20;
Matières terreuses,	1,10;
Arsenic et perte,	2,44.
	100,00.

Ces diverses variétés de cuivre jaune diffèrent trop peu à l'analyse, pour ne pas les considérer comme identiques. En les supposant formées de 2 atomes de proto-sulfure de fer et d'un atome de per-sulfure de cuivre, on trouve pour 100 parties :

Soufre,	34,78;
Fer,	30,44;
Cuivre,	34,78.
	100,00.

Par conséquent, leur composition est bien réellement celle que l'on vient de supposer.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	760,30	+20,2	72	760,42	+21,5	65	760,48	+21,9	64	760,87	+15,6	82	+22,0	+12,9	A demi couvert.	O.
2	758,[illegible]4	+20,5	63	757,34	+22,4	65	755,35	+24,0	63	754,40	+18,0	87	+24,0	+10,5	Nuageux.	O. S. O.
3	755,64	+22,1	73	757,22	+25,2	71	757,16	+24,8	70	758,18	+18,9	74	+25,3	+13,0	Très-nuageux.	O. N. O.
4	757,27	+23,2	61	757,06	+27,5	64	755,90	+29,1	64	754,00	+23,0	75	+29,1	+14,0	Légers nuag. à l'hor.	O.
5	751,64	+21,2	89	750,85	+25,5	72	751,10	+25,1	66	752,30	+19,0	90	+26,5	+10,8	Nuageux.	S. fort.
6	754,18	+21,5	70	754,10	+23,8	68	753,62	+24,2	64	754,50	+17,8	95	+25,3	+15,0	Nuageux.	O. S. O.
7	758,11	+14,8	93	758,52	+19,4	81	758,73	+19,9	77	760,40	+16,5	81	+19,9	+13,1	Couvert.	N. N. E.
8	761,60	+20,0	77	761,60	+20,6	72	761,30	+21,8	71	761,72	+17,5	81	+21,8	+ 9,9	Nuageux.	O. N. O.
9	761,25	+17,5	89	760,27	+25,5	71	759,37	+26,0	70	758,70	+20,2	84	+26,0	+12,8	Très-nuageux.	O. N. O.
10	757,24	+24,1	63	756,24	+26,3	67	755,50	+25,3	63	755,00	+19,6	81	+26,3	+14,8	Nuageux.	O.
11	755,54	+23,0	74	754,00	+25,8	73	752,92	+22,5	83	750,10	+21,0	89	+25,8	+16,8	Quelques gout. d'eau.	S.
12	746,93	+20,4	69	746,91	+19,1	68	748,92	+17,5	81	748,30	+15,3	96	+20,4	+14,1	Pluie et tonnerre.	O. fort.
13	753,60	+17,1	73	754,63	+19,5	68	755,06	+19,3	66	756,52	+15,0	90	+19,5	+13,8	Nuageux.	N. O. fort.
14	757,65	+19,2	80	757,26	+21,3	77	756,20	+22,5	70	756,43	+17,4	75	+22,8	+12,0	Nuageux.	O.
15	754,70	+18,5	70	753,34	+20,1	67	752,30	+21,8	64	751,80	+18,5	80	+21,7	+11,3	Légères vapeurs.	E.
16	750,20	+19,4	83	749,88	+23,0	69	749,38	+23,7	65	750,80	+16,2	92	+23,8	+14,4	Couvert.	S. O.
17	751,50	+22,0	79	751,02	+24,9	71	750,87	+23,0	69	751,00	+19,1	81	+24,9	+15,4	Quelques éclaircies.	S.
18	751,35	+24,0	69	750,42	+26,2	64	748,73	+27,0	58	748,93	+19,2	92	+27,6	+15,0	Nuageux.	S. E.
19	746,70	+21,0	83	746,76	+22,9	74	746,80	+24,5	68	747,50	+16,4	95	+24,5	+15,2	Nuageux.	S. O. fort.
20	748,85	+21,7	76	748,58	+22,4	78	748,66	+22,4	79	749,80	+16,5	94	+23,1	+13,4	Nuageux.	S. O.
21	750,20	+22,0	76	749,76	+23,4	76	749,30	+24,1	72	750,99	+17,6	92	+24,1	+13,2	Pluie par intervalles.	S. S. O. fort.
22	754,07	+19,3	77	754,50	+21,4	70	754,88	+22,2	67	755,97	+16,5	85	+22,2	+15,5	Couvert.	O. S. O.
23	754,85	+22,8	63	75[illegible]	+25,4	65	752,94	+23,4	64	751,92	+18,6	83	+25,5	+12,0	Quelques éclaircies.	S. O.
24	750,95	+24,5	76	751,26	+25,8	73	750,92	+26,7	70	752,16	+20,9	82	+26,7	+16,6	Très-nuageux.	S. O.
25	753,68	+21,5	80	753,12	+23,0	68	752,92	+22,6	70	753,23	+17,5	90	+23,0	+16,8	Couvert.	S. O.
26	753,24	+24,2	70	752,42	+25,0	64	751,82	+23,1	67	751,62	+16,2	88	+25,0	+15,2	Nuageux.	S. O.
27	754,00	+20,0	72	753,78	+25,1	67	753,23	+24,5	63	752,97	+18,0	85	+25,1	+13,5	Très-nuageux.	S. O.
28	750,53	+18,6	94	749,60	+23,7	74	749,10	+24,0	67	750,23	+17,7	84	+24,0	+16,3	Quelques éclaircies.	S. S. O. fort.
29	748,94	+16,2	90	747,84	+20,2	87	746,18	+21,5	86	749,36	+18,0	90	+22,5	+15,2	Pluie fine.	S.
30	749,56	+20,5	75	748,58	+23,2	67	748,42	+18,5	73	750,50	+14,4	94	+23,3	+14,1	Nuageux.	O. S. O.
31	754,27	+17,1	72	754,12	+20,0	67	753,58	+19,4	73	753,93	+12,8	94	+20,8	+ 9,2	Très-nuageux.	S. O.
1	757,60	+20,5	77	757,36	+23,8	70	756,85	+24,2	67	757,01	+18,6	83	+24,6	+13,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	751,70	+20,6	76	751,34	+22,5	71	750,78	+22,4	70	751,03	+17,5	88	+23,4	+14,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,722
3	752,21	+20,6	77	751,70	+23,2	71	751,21	+22,7	70	752,08	+17,1	88	+23,8	+14,3	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 4,446
	753,78	+20,6	77	753,41	+23,2	71	752,89	+23,1	69	753,33	+17,7	86	+23,9	+13,9	Moyennes du mois,	+18°,9.

Rapport *fait à l'Académie sur un Mémoire de M.* Fresnel, *relatif à la double réfraction.*

Commission : MM. Fourier, Ampère et Arago.

Beaucoup de cristaux jouissent, comme on sait, de la propriété singulière de partager en deux faisceaux distincts chaque pinceau lumineux qui les traverse. Les physiciens, pendant long-temps, ne s'étaient pas accordés entre eux sur les lois mathématiques d'après lesquelles s'effectue cette bifurcation ; mais tous, sans exception, avaient admis qu'une moitié de la lumière incidente se réfracte dans le cristal suivant le principe découvert par Descartes, et désignaient cette moitié par le nom de *faisceau ordinaire.* L'objet principal du Mémoire de M. Fresnel est de montrer que, dans certains cristaux qu'on appelle *à deux axes*, il n'y a point de rayon ordinaire proprement dit, ou, en d'autres termes, qu'aucune portion de la lumière qui les traverse ne s'y réfracte en général suivant la loi du sinus.

Avant de présenter l'analyse de l'important travail de M. Fresnel, il ne sera peut-être pas inutile de rappeler qu'il y a, dans tous les cristaux doués de la double réfraction, des directions particulières suivant lesquelles il ne se forme pas de double image : ces directions portent le nom d'*axes.* Dans certains cristaux, comme, par exemple, le carbonate de chaux, le quartz, etc., on ne trouve qu'un seul axe ; dans d'autres, tels que la topaze, on en reconnaît deux : personne jusqu'ici n'a vu de cristaux à trois axes, et il est même fort douteux qu'il en existe de tels.

On n'a découvert jusqu'à présent que deux méthodes distinctes pour mesurer la puissance réfractive des corps. Dans l'une, que presque tous les physiciens ont pratiquée, on suit les rayons dans les déviations qu'ils éprouvent en traversant des prismes, on en déduit, par une inclinaison donnée, les angles d'incidence et de réfraction, et, par suite, le rapport des sinus. Dans la seconde, beaucoup moins connue, on détermine directement le changement de vitesse qu'éprouve le rayon en passant du vide dans le milieu; mais quel que soit le système qu'on adopte sur la nature de la lumière, ces deux déterminations rentrent l'une dans l'autre. L'auteur du Mémoire s'étant presque exclusivement servi de la seconde méthode, nous rappellerons ici, sinon les principes sur lesquels elle se fonde, du moins le système d'opérations qu'elle nécessite.

On adapte au volet de la chambre obscure une lentille à court foyer sur laquelle un miroir extérieur, celui d'un héliostat, par exemple, envoie horizontalement les rayons solaires. Après avoir formé ainsi un point rayonnant, on fait tomber la lumière qui en émane sur deux fentes très fines pratiquées dans une lame métallique. Chaque fente éparpille la lumière qui la traverse; les deux pinceaux dilatés se croisent alors derrière l'écran, et donnent naissance, par leur interférence, à un système de franges alternativement brillantes et obscures. La frange centrale est toujours brillante; elle résulte de la réunion de deux rayons qui ont parcouru des chemins parfaitement égaux, ces chemins étant comptés à partir du foyer de la lentille.

Si, sans rien changer aux dispositions précédentes, on

place sur la route parcourue par les rayons, devant ou derrière chacune des fentes, des lames diaphanes de même épaisseur et de même réfringence, les franges resteront immobiles; elles se déplaceront, au contraire, dès l'instant où les deux milieux interposés, quoique d'égale épaisseur, différeront en pouvoirs réfractifs; la quantité de ce mouvement, mesurée avec le micromètre, conduira, par un calcul très-simple, à la détermination du rapport des sinus dans les deux lames interposées. Le moyen s'applique avec une égale facilité aux faisceaux soit ordinaires, soit extraordinaires. C'est peut-être une singularité de cette méthode qui n'est pas indigne de remarque, qu'elle puisse fournir la mesure des pouvoirs réfractifs par l'observation de rayons qui ne se réfractent point, et traversent les corps en ligne droite.

Appliquons maintenant ce procédé à un cas particulier. Veut-on savoir, par exemple, si la topaze a la même réfringence dans deux directions données? On la sciera d'abord, suivant ces deux directions, comme l'a fait M. Fresnel, en lames à-peu-près parallèles, auxquelles on donnera la même épaisseur en les travaillant ensemble; il ne restera plus ensuite qu'à les appliquer l'une et l'autre sur les deux fentes de l'écran, de manière toutefois que chaque lame ne couvre qu'une fente: or, dans ce cas-ci, les franges, quel que soit le sens des coupes, n'occuperont presque jamais la même place avant et après l'interposition des lames. En comparant deux sections particulières que M. Fresnel fait connaître, et qui lui avaient été indiquées d'avance par sa théorie, le déplacement s'est élevé dans les expériences jusqu'à vingt franges : l'incertitude de l'observation n'é-

tait pas d'une demi-frange. Il est donc démontré, tout singulier que ce résultat puisse paraître, que, dans la topaze, et à l'égard de ces rayons que jusqu'ici on avait appelé *ordinaires*, le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction n'est pas constant.

Quoique les principes sur lesquels M. Fresnel s'est appuyé dans ses expériences soient maintenant au nombre des vérités les plus incontestables de l'optique, on a pensé qu'il serait utile de s'assurer des variations de réfraction dont nous venons de parler, par une méthode plus directe, c'est-à-dire, par l'observation immédiate de la déviation des images. L'auteur s'est prêté avec empressement à ce moyen de vérification, et nous a montré des prismes de même angle qui, taillés en divers sens dans une topaze, ne réfractaient pas également les rayons ordinaires. En choisissant les coupes particulières qui avaient donné le plus grand déplacement des franges dans les expériences de diffraction, et travaillant simultanément les deux prismes sous un angle commun de $92^{\circ}\frac{1}{2}$, M. Fresnel a exécuté un petit appareil où la différence des déviations des rayons ordinaires est tellement manifeste qu'elle n'échapperait pas à l'œil le moins exercé. On doit à MM. Brewster et Biot un grand nombre d'expériences très-précises sur les cristaux à deux axes; mais ces habiles physiciens n'ont pas découvert la véritable loi des déviations absolues des rayons, puisqu'ils supposent l'un et l'autre que, sous des inclinaisons égales, la réfraction du faisceau ordinaire est la même, quel que soit le sens des coupes. Suivant M. Fresnel, tous les phénomènes de la double réfraction dans les cristaux à deux axes peuvent être prévus et calculés,

à l'aide d'un ellipsoïde à trois axes et d'après la construction dont voici l'énoncé :

Deux rayons, l'un ordinaire, l'autre extraordinaire, se meuvent DANS UN CRISTAL suivant une direction unique, et l'on veut connaître leurs vitesses. Pour cela, il faut considérer un point quelconque de cette direction comme le centre d'un ellipsoïde à trois axes inégaux. On mène ensuite par ce centre un plan perpendiculaire à la direction commune des deux rayons, les moitiés du grand et du petit axe de la section elliptique faite par ce plan dans la surface, représentent les deux vitesses de propagation, si l'on adopte le système des ondes, et l'unité divisée par ces mêmes vitesses dans le système de l'émission. Quant aux plans de polarisation des deux faisceaux, ils sont respectivement perpendiculaires aux demi-axes de l'ellipse qui représentent les vitesses.

Telle est la loi donnée par M. Fresnel. Examinons d'abord, dans quelques cas particuliers, si les conséquences qui s'en déduisent s'accordent avec les faits.

Un ellipsoïde à trois axes inégaux peut être coupé suivant un cercle par deux de ses plans diamétraux. Il doit donc y avoir en général, dans les cristaux, deux directions perpendiculaires à ces plans, suivant lesquelles les rayons ordinaires et extraordinaires auront respectivement les mêmes vitesses et marcheront sans se séparer. Telles sont en effet les propriétés des deux axes de la topaze et de tous les cristaux semblables.

Quand l'ellipsoïde est de révolution, les deux sections circulaires dont nous venons de parler se confondent avec le plan de l'équateur, et les deux directions sans double réfraction se réduisent à une direction unique pa-

rallèle dans tous les points à l'axe de révolution de la surface. Toute section elliptique faite par un plan diamétral quelconque a son grand ou son petit axe constant et situé dans le plan de l'équateur. Un des deux faisceaux réfractés devra donc conserver la même vitesse dans tous les sens et sous toutes les inclinaisons pendant que celle de l'autre variera. Nous étions en effet rentrés, par notre supposition, dans le cas, traité par Huyghens, des cristaux à un seul axe.

On voit enfin que si les trois axes de l'ellipsoïde devenaient égaux entre eux, il n'y aurait plus, dans aucune direction, ni inégalité de vitesse, ni double image, ni polarisation : c'est ce qu'on observe en effet dans la plupart des corps diaphanes.

Passons maintenant à des épreuves plus délicates : si la loi donnée par M. Fresnel est exacte, les deux axes d'un cristal étant connus ainsi que l'énergie de sa double réfraction, on pourra déterminer les directions particulières dans lesquelles les rayons ordinaires auront les vitesses les plus inégales et assigner la valeur de la différence. Le plan qui contient ces deux directions a la singulière propriété que les rayons extraordinaires s'y meuvent également vite. Sur ces trois points, l'expérience s'est parfaitement accordée avec la théorie.

Il résulte des nombreuses expériences de MM. Brewster et Biot, que la différence des carrés des vitesses de deux rayons, l'un ordinaire et l'autre extraordinaire, qui se meuvent dans un cristal suivant une même direction, est proportionnelle au produit des sinus des angles formés par cette direction avec les deux axes. La construction de M. Fresnel conduit à la même loi; et comme l'écar-

tement des deux images ne dépend sensiblement que de la différence des vitesses, cette construction se trouve appuyée, sous ce rapport, par une grande masse de mesures de déviations angulaires. Ces mesures, il est vrai, ne peuvent pas servir seules à calculer les réfractions absolues des rayons, et reposent sur la supposition inexacte que le faisceau ordinaire se meut toujours dans le cristal avec la même vitesse; mais combinées avec les observations faites par l'auteur sur les inégalités de réfraction de ce faisceau, elles fournissent des vérifications expérimentales très-précieuses, et auxquelles la loi donnée par M. Fresnel satisfait sans exception.

Quant aux directions relatives des rayons incidens et réfractés, elles sont rigoureusement déterminées par la condition du chemin parcouru dans le temps le plus court, si l'on prend les vitesses proportionnelles aux deux demi-axes de la section elliptique, ou par le principe de la moindre action quand on adopte les rapports inverses pour ces mêmes vitesses.

Le Mémoire dont nous venons de présenter l'analyse renferme un chapitre fort étendu, dans lequel M. Fresnel expose ses idées théoriques sur le genre particulier d'ondulations qui, suivant lui, constituent la lumière (1); le temps ne nous a pas encore permis de l'examiner avec toute l'attention nécessaire. Il nous serait impossible d'émettre aujourd'hui à ce sujet une opinion arrêtée : la Commission pourra y revenir dans une autre circonstance; mais elle a cru ne pas devoir tarder davantage à faire connaître un travail dont la difficulté est attestée

(1) Dans le *Bulletin des Sciences de la Société philomatique*, mois d'avril et mai derniers, on trouvera un exposé succinct de cette partie du Mémoire de M. Fresnel. R.

par les efforts infructueux de plusieurs habiles physiciens, et où brille au même degré le talent des expériences et l'esprit d'invention. Nous pensons que l'Académie doit accorder à M. Fresnel un nouveau témoignage de sa satisfaction, et faire imprimer le plus tôt possible l'important Mémoire dont nous venons de lui rendre compte, dans le *Recueil des Savans étrangers*.

EXAMEN *comparatif de plusieurs minerais de manganèse.*

Par Mr P. BERTHIER, Ingénieur des Mines.

(*Annales des Mines*. VI. 291. Extrait.)

M. BERTHIER a analysé neuf variétés de minerais de manganèse; savoir: trois variétés de peroxide venant; la première, de Saarbruk; la seconde, de Calvéron; la troisième, de l'île Timor; une variété d'hydrate venant de Laveline; trois variétés de minerai barytique venant, la première et la seconde de Romanèche, et la troisième de Périgueux : enfin, deux variétés de silicate venant du Piémont; la première de Saint-Marcel, et la seconde de Pesillo.

Peroxide.

1°. *Manganèse de Crettnich, près Saarbruk* (1).

Il est d'un gris noirâtre, métalloïde, confusément cristallisé en aiguilles prismatiques entre-croisées; sa

---

(1) *Voyez* la description de la mine de Crettnich, par M. Calmelet, *Journal des Mines*. XXXV. 277.

poussière est d'un noir pur. On fait un grand usage de ce minerai à Paris et dans le nord de la France. Voici comment il a été analysé : l'eau a été déterminée en chauffant le manganèse jusqu'au rouge naissant ; la quantité d'oxigène qu'il renferme a été obtenue en le calcinant fortement ; il s'en dégage une portion que l'on évalue par la perte de poids qui est de 0,12 si l'oxide est pur, et il reste un oxide rouge dont la composition est constante, et qui renferme 0,734 de métal. Le fer que le manganèse contient ordinairement a été séparé par les moyens connus. La baryte, quand il s'en trouve dans les minerais, est séparée comme on sait sans aucune difficulté : enfin, les minerais de manganèse étant souvent intimement mêlés avec du carbonate de chaux, on peut dissoudre facilement ce sel, soit avec l'acide nitrique faible employé à froid, soit avec l'acide acétique.

2°. *Manganèse de l'île Timor, rapporté par le capitaine Baudin.*

Il est amorphe, compacte, d'un gris noir pur, avec un léger éclat métallique ; sa poussière est noire ; il est intimement mélangé de carbonate de chaux, dont on aperçoit çà et là quelques lamelles ; on y voit aussi quelques taches ou petits amas d'oxide rouge de fer.

3°. *Manganèse de Calvèron, département de l'Aude.*

Ce minerai a été découvert, il y a deux ans, dans les propriétés de M. le lieutenant-général baron de Barral ; il se trouve en filon, dans le voisinage d'autres filons qui renferment du fer spathique.

Ce minerai est amorphe, grenu et d'un gris noir, légèrement métalloïde; il est intimement mélangé de chaux carbonatée laminaire. Sa pesanteur spécifique est de 4.

Voici le résultat des analyses de ces trois minerais de manganèse :

	Crettnich.	Timor.	Calvéron.
Oxide rouge de manganèse,	0,823	0,750	0,640.
Oxigène,	0,115	0,090	0,087.
Eau,	0,012	0,010	0,011.
Oxide rouge de fer,	0,010	0,020	0,010.
Gangue insoluble,	0,040	0,040	0,012.
Carbonate de chaux,	.....	0,090	0,240.
Oxide de cuivre.	trace.		
	1,000	1,000	1,000.

Ces trois minerais sont évidemment de même nature; l'oxide de manganèse qui les constitue est le peroxide, puisque, comme ce dernier, il perd par la calcination, en se transformant en oxide rouge, à très-peu près 0,113 d'oxigène. La petite quantité d'eau qui s'y trouve n'est probablement que de l'eau hygrométrique. Quant aux autres substances, elles ne sont que mélangées.

Hydrate de deutoxide.

Manganèse de Laveline, département des Vosges.

Il est amorphe, cellulaire, d'un noir foncé métalloïde; sa poussière est d'un brun foncé; sa cassure est ordinairement grenue et quelquefois lamelleuse; les cavités dont il est criblé sont remplies d'argile et d'oxide de fer.

Il donne à la distillation beaucoup d'eau et devient d'un noir foncé. Par une forte calcination, il perd de l'eau et

de l'oxigène, et il devient d'un rouge marron; il est composé de

Oxide rouge de manganèse,	0,762;
Oxigène,	0,055;
Eau,	0,078;
Oxide rouge de fer,	0,055;
Argile,	0,050.
	1,000.

L'oxide que contient ce minerai, perd, en se changeant en oxide rouge, 0,067 d'oxigène, quantité intermédiaire entre celle que perd le peroxide et celle que perd le deutoxide, et qui doit provenir d'un mélange de 0,410 du premier, et de 0,60 du second. D'après cela, il y a tout lieu de croire que le minerai de Laveline est de l'hydrate de deutoxide, mélangé de peroxide. La proportion d'eau combinée dans l'hydrate n'est que d'un peu plus de 0,05 : le surplus doit être combiné avec l'argile et avec l'oxide de fer, ou à l'état hygrométrique.

Manganèses barytiques.

1°. *Manganèse de Romanèche, département de Saône-et-Loire.*

Le manganèse est très-abondant à Romanèche; il forme, à la surface du sol, un banc épais et très-étendu; il est mélangé d'argile, d'oxide de fer et de chaux fluatée lamellaire violette. On en distingue deux variétés principales; l'une concrétionnée ou compacte, que l'on nomme *pierre grise*; l'autre, terreuse, que l'on nomme

pierre brûlée. La première est la plus estimée ; on la vend 12 francs le quintal métrique, prise sur les lieux ; la seconde ne se vend que 5 à 6 francs. On consomme beaucoup de manganèse de Romanèche à Lyon et dans le midi du royaume. Depuis la paix, on l'emploie même à Paris, où il soutient la concurrence du manganèse de Crettnich et du manganèse d'Allemagne.

La variété dite *pierre grise* est tantôt concrétionnée et comme formée d'une multitude de tubercules juxta-posés; elle est alors d'un gris foncé métalloïde, et les cavités qu'elle renferme sont tapissées d'une matière pulvérulente d'un noir de velours ; tantot la *pierre grise* est compacte, à cassure conchoïde, unie ou grenue ; sa couleur est alors le gris foncé un peu brun, sans aucun éclat métallique.

La variété terreuse, dite *pierre brûlée*, est compacte, tendre, presque friable ; elle tache fortement : sa cassure est grenue et terreuse ; sa couleur est le brun foncé, sans le moindre éclat métallique.

On sait que le manganèse de Romanèche renferme une assez grande quantité de baryte que M. Vauquelin a prouvé devoir s'y trouver à l'état de combinaison avec l'oxide de manganèse. En chauffant quelque temps ce minerai avec le contact du charbon, le manganèse qu'il contient se change entièrement en protoxide, et la baryte se trouve en partie à l'état caustique, et en partie combinée avec l'acide carbonique ; mais si on le calcine fortement tout seul, il reste à l'état d'oxide rouge. A froid, il est inattaquable par l'acide nitrique, même concentré; mais il est attaqué sensiblement à l'acide d'une ébullition soutenue. Lorsqu'il a été calciné, il est facilement décomposé par l'acide nitrique, qui dissout toute la ba-

ryte : l'eau pure elle-même, mise en ébullition avec le minerai calciné, enlève une petite quantité de baryte.

2°. *Manganèse de Périgueux* (*Dordogne*).

Il a absolument le même aspect que la variété de minerai compacte métalloïde de Romanèche, et il a aussi à-peu-près les mêmes propriétés chimiques.

	Romanèche.			Périgueux.
	Compacte.		Terreux.	
Oxide rouge de manganèse.	0,688 à	0,703	0,703	0,641.
Oxigène	0,071	0,072	0,067	0,075.
Eau	0,050	0,040	0,046	0,070.
Baryte	0,150	0,165	0,128	0,046.
Oxide rouge de fer	0,015	....	....	0,068.
Matières insolubles	0,026	0,020	0,056	0,100.
	1,000	1,000	1,000	1,000.

Il résulte de ces analyses que, dans les minerais de Romanèche et de Périgueux, le manganèse est à un degré d'oxidation intermédiaire entre celui du deutoxide et celui du peroxide, ou plutôt que ces minerais renferment un mélange de deutoxide et de peroxide. De plus, la présence de l'eau doit faire présumer que le deutoxide y est combiné avec ce liquide à l'état d'hydrate, et tout porte à croire que la baryte est combinée avec le peroxide. Il est à remarquer que ces mêmes minerais laissent, lorsqu'on les traite par l'acide muriatique, des résidus qui se composent principalement d'argile et de silice, et dont l'aspect visqueux semble indiquer qu'il existe dans ces minerais une certaine quantité de silicate de manganèse.

Silicates de manganèse.

1°. *Manganèse de Saint-Marcel* (*Piémont*).

Ce manganèse est d'un gris noir métalloïde, assez éclatant, compacte, à cassure imparfaitement lamellaire ou écailleuse; il est comme pénétré d'une substance pierreuse lamelleuse, blanche et assez dure, dont la nature n'est pas connue, et jusqu'à présent on ne l'a point obtenu parfaitement pur. La plus forte calcination ne lui a rien fait perdre de son poids et n'a pas changé son aspect. Il s'est dissous dans l'acide muriatique avec un grand dégagement de chlore, et a laissé un résidu blanc gélatineux, dans lequel on a trouvé, en le fondant avec de la potasse, de l'alumine et de la chaux. Il est composé de

		Suivant M. Berzelius.
Silice	0,262	0,152.
Oxide rouge de manganèse.	0,650	0,758.
Alumine	0,030	0,028.
Oxide de fer	0,012	0,041.
Chaux	0,014.	
Magnésie	0,014.	
	0,982.	0,979.

Ces résultats et les propriétés ci-dessus prouvent que le manganèse est dans le minerai à l'état de deutoxide, et en totalité combiné avec la silice; mais il ne paraît pas actuellement possible de déterminer avec certitude la composition du silicate pur.

2°. *Manganèse de Pesillo* (*Piémont*).

Il est compacte, d'un noir un peu grisâtre, mais à-peu-près sans éclat métallique. Il est intimement mélangé de chaux carbonatée magnésienne, blanche et cristalline, et, à cause de cela, il a la cassure légèrement lamellaire. Par une forte calcination, il a perdu 0,067 d'oxigène ; l'acide muriatique l'a dissous facilement et avec dégagement de chlore; il est resté de la silice à l'état gélatineux et parfaitement pure. La dissolution muriatique ne contenait que du manganèse avec un peu de fer et de cobalt. Il est composé de

Oxide rouge de manganèse.	0,842 ;
Oxigène et un peu d'eau...	0,067 ;
Silice....................	0,068 ;
Peroxide de fer..........	0,028 ;
Oxide de cobalt..........	0,008.
	1,013.

Les seuls principes essentiels dans ce minerai sont la silice et l'oxide de manganèse ; mais la totalité de cet oxide n'est pas combinée avec la silice, et par conséquent il y en a une partie qui n'existe dans le minerai qu'en mélange. En effet, la quantité d'oxigène qu'il perd au feu prouve qu'il renferme deux oxides différens, puisque cette quantité ne convient ni au deutoxide ni au peroxide; cette perte prouve encore que l'un de ces oxides est le peroxide, et peut même servir à en calculer la proportion ; car elle en provient entièrement, la base du silicate, quelle qu'elle soit, étant trop fortement retenue

dans sa combinaison pour pouvoir rien perdre par la calcination. Il est fort difficile de déterminer d'une manière certaine quel est l'oxide qui fait la base du silicate ; cependant il est probable que c'est le protoxide.

Les minerais de manganèse étant principalement employés pour la préparation du chlore, leur valeur relative doit dépendre de la quantité qu'ils peuvent en fournir : or, cette quantité étant proportionnelle à celle de l'oxigène qu'ils contiennent en excès au-dessus du protoxide, les analyses précédentes peuvent la faire connaître exactement. Il suffit pour cela de réunir à l'oxigène de chaque oxide dégagé par la calcination, celui qui fait la différence entre l'oxide rouge et le peroxide : la somme de ces deux quantités d'oxigène représentera la quantité de chlore pouvant être fournie par chaque oxide.

Noms des Minerais.	Quantité d'oxigène qui représente le chlore.
Crettnich...............	0,170.
Calvéron sans calcaire...	0,173.
Timor sans calcaire.....	0,156.
Timor avec calcaire.....	0,140.
Calvéron avec calcaire...	0,130.
Périgueux.............	0,117.
Romanèche............	0,106 à 0,116.
Laveline..............	0,105.
Pesillo noir sans calcaire.	0,100.
Pesillo noir avec calcaire.	0,075.
Saint-Marcel..........	0,063 à 0,070.

SUR *l'Acide particulier qui se forme lorsque l'on combine le cyanogène avec les alcalis.*

Par Mr F. WOCHLER, à Heidelberg.

(*Annalen der Physik*. LXXI. 95.)

M. GAY-LUSSAC s'est déjà fait la question, dans son Mémoire *sur l'acide prussique*, à l'occasion d'un fait sur lequel il n'est plus revenu, si, lorsque le cyanogène est absorbé par les alcalis, il ne se forme pas un acide cyanique, c'est-à-dire, une combinaison du cyanogène avec l'oxigène.

M. Vauquelin a obtenu, par la décomposition spontanée du cyanogène dans l'eau, un sel ammoniacal qui ne forme point de bleu avec les sels de fer, qui, traité par l'acide sulfurique concentré, donne un acide inodore formant un nuage avec le gaz ammoniaque, et qui enfin produit du bleu avec l'acide hydro-chlorique. En mettant une dissolution de cyanogène dans l'eau sur du peroxide de mercure, il a remarqué qu'outre du cyanure de mercure, il se formait un sel particulier en tables à quatre côtés, transparentes, qui donne du bleu avec l'acide hydro-chlorique, et il a conjecturé que ce sel pourrait bien être un cyanate. En laissant agir une dissolution aqueuse de cyanogène sur les alcalis, il se forme, suivant lui, un charbon brun azoté qui reste en dissolution, de l'ammoniaque, de l'acide carbonique, de l'acide hydro-cyanique, et vraisemblablement aussi de l'acide cyanique. Le cyanogène se comporte aussi avec les alcalis en dissolution dans l'eau, à la manière du chlore;

il se forme toujours un hydro-cyanate et un cyanate. Voilà tout ce que M. Vauquelin dit sur cet objet.

M. Doebereiner enfin, dans ses *Principes de chimie et de stéchiométrie*, publiés en 1819, a considéré les deux substances que l'on obtient en traitant l'indigo par l'acide nitrique, comme deux espèces d'acides oxy-cyaniques, et il en admet encore une troisième qui se formerait lorsqu'on met en contact une dissolution de cyanogène dans l'eau avec un peroxide, dont il attire l'oxigène ; il se change en oxide cyanique et en ammoniaque, et précipite alors en vert les sels de protoxide de fer.

J'ai fait passer du cyanogène dans du peroxide de barium délayé dans l'eau, et j'ai obtenu un liquide qui par l'évaporation a produit du carbonate de baryte et des petits cristaux en aiguilles, dont la dissolution n'a point donné de bleu avec les sels de fer, mais qui avec les acides puissans développait une odeur pénétrante, ressemblant beaucoup à celle de l'acide acétique pur. Comme le peroxide de baryte contenait du protoxide, j'ai recherché auquel des deux on devait attribuer la formation de ce sel particulier, et j'ai reconnu que le peroxide n'y était point nécessaire.

J'ai donc fait passer du cyanogène dans de l'eau de baryte, au fond de laquelle restaient encore des cristaux d'hydrate de baryte. Elle s'est d'abord colorée en jaune, et ensuite en brun pendant qu'il se déposait un charbon azoté de la même couleur, et les cristaux se sont dissous. Le liquide n'avait pas l'odeur du cyanogène, mais bien celle de l'acide hydro-cyanique. Pour en séparer l'hydro-cyanate de baryte, j'y ai fait passer de l'acide carbonique, et après en avoir séparé le carbonate de baryte par le fil-

tre, je l'ai fait bouillir pour chasser l'acide hydro-cyanique; mais il s'est encore produit ici du carbonate de baryte coloré en brun par du charbon azoté. Par l'évaporation, j'ai obtenu un sel blanc en petites aiguilles soyeuses, mais qui était sali par du charbon azoté et par du carbonate de baryte qui se déposaient pendant l'évaporation. Ces deux composés se formaient de nouveau lorsque, dans l'intention de purifier le sel, on le redissolvait pour le faire cristalliser : on en verra la raison plus bas.

La dissolution du sel ainsi obtenu, qui est toujours plus ou moins colorée par du charbon azoté, ne donne point de bleu avec les dissolutions de fer.

L'acide sulfurique qu'on y verse produit du sulfate de baryte, et les acides puissans y développent aussitôt une odeur très-vive ressemblant à celle de l'acide acétique pur. Je voulus savoir si le corps qui se rendait ainsi sensible à l'odorat par le moyen des acides, se manifesterait encore avec d'autres bases. Je mêlai en conséquence la dissolution du sel à base de baryte avec du sulfate de potasse, dans des proportions convenables pour précipiter toute la baryte, et j'obtins, en faisant évaporer le liquide, de longues aiguilles qui étaient fortement colorées par du charbon azoté, et qui donnèrent avec les acides l'odeur dont on vient de parler. J'obtins de la même manière des sels à base de soude et à base d'ammoniaque, qui donnèrent des masses cristallisées par l'évaporation, et qui produisirent avec les acides l'odeur piquante dont on vient de parler.

Le sel de baryte précipite en blanc les nitrates de mercure, d'argent et de plomb, le nitrate de cuivre en brun vert, et le chlorure d'or en jaune brun. Il ne précipite

point les chlorures et les perchlorures de fer et d'étain, ni le perchlorure de mercure.

Il se produit donc évidemment, lorsque l'eau de baryte absorbe le cyanogène, un corps particulier qui sature les bases comme un acide, et il paraît en effet que le cyanogène se comporte comme le chlore avec les dissolutions alcalines ; que l'eau se décompose et qu'il se produit un hydro-cyanate et un cyanate. Pour plus de simplicité, je distinguerai par le nom d'*acide cyanique* le corps que j'ai obtenu combiné avec la baryte. Ne connaissant aucune méthode pour séparer l'hydro-cyanate de potasse du cyanate, je n'ai point cherché comment la potasse se comporte avec le cyanogène ; mais il est très-vraisemblable qu'il se serait encore formé ici plus facilement du cyanate de potasse.

Les cyanates se distinguent en tout point des hydro-cyanates et des cyanures métalliques, et ils n'ont que cela de commun, que, chauffés avec de l'oxide de cuivre, ils donnent de l'acide carbonique et de l'azote dans le rapport de 2 à 1. C'est au moins ce que j'ai reconnu avec le cyanate de protoxide de mercure ; en répétant deux fois l'expérience avec le plus grand soin, la potasse a absorbé presque exactement les deux tiers des gaz qui se sont dégagés ; ce qui prouve aussi que les cyanates contiennent du cyanogène. Il est plus difficile de démontrer s'il y est combiné avec de l'oxigène.

Si l'on chauffe dans un tube de verre du cyanate de protoxide de mercure bien desséché, il se développe une odeur excessivement forte de vinaigre, qui rougit fortement et d'une manière permanente le papier de tournesol, et qui forme nuage avec l'ammoniaque. Il ne se

dégage aucune trace d'eau ou d'ammoniaque, mais seulement de l'acide carbonique et de l'azote dans un plus grand rapport que celui de 2 à 1, et il reste une masse charbonneuse très-poreuse. L'acide carbonique doit avoir été formé par l'oxigène de l'oxide de mercure, et aussi par celui d'une portion de l'acide cyanique. Dans tous les cas, ce mode de décomposition prouve que le sel de mercure contient de l'oxigène, mais point d'hydrogène, et que sa composition n'est point analogue à celle du cyanure de mercure. Le produit odorant fourni par l'acide cyanique explique pourquoi les gaz contiennent plus des deux tiers de leur volume d'acide carbonique. Le résidu charbonneux que laisse le cyanate de mercure en se décomposant par la chaleur, et la détonation du cyanate de potasse avec le chlorate de potasse font voir que les cyanates ne contiennent point assez d'oxigène pour brûler tout leur carbone.

Le cyanate d'argent se comporte absolument comme celui de mercure. Il ne donne également avec l'acide hydro-chlorique aucune trace d'acide hydro-cyanique, mais toujours l'odeur du vinaigre. La potasse enlève l'acide aux deux sels, l'oxide se précipite, et le nouveau sel développe avec les acides l'odeur particulière.

Les cyanates alcalins se comportent tout autrement avec la chaleur, et la raison en est qu'ils retiennent de l'eau dont on ne peut les débarrasser. Ils se fondent facilement et produisent du carbonate d'ammoniaque. Après les avoir chauffés jusqu'au rouge, il reste une masse blanche qui dégage par les acides du gaz carbonique avec une odeur très-prononcée de vinaigre, mais qui ne donne point de bleu avec les sels de fer. Il est, d'a-

près cela, vraisemblable que les cyanates alcalins seraient passablement stables au feu s'ils n'étaient en partie décomposés par l'eau qu'ils contiennent. Il arrive aussi qu'à chaque fois qu'on évapore leur dissolution il se forme du carbonate d'ammoniaque, et c'est la raison pour laquelle le cyanate de baryte est toujours mêlé avec du carbonate, et que lorsqu'on chauffe un cyanate insoluble mal desséché, il se sublime du carbonate d'ammoniaque.

Ces propriétés conduisaient naturellement à la pensée que l'acide cyanique devait se décomposer facilement avec l'eau en carbonate d'ammoniaque, et je crois pouvoir démontrer qu'il en est effectivement ainsi. Pour connaître l'état sous lequel se montre l'acide cyanique isolé, j'ai mis du cyanate de potasse avec de l'acide hydrochlorique sur le mercure, ou plutôt, comme ce dernier n'est point sans odeur, avec une dissolution aqueuse d'acide oxalique. Il s'est développé aussitôt beaucoup d'un fluide élastique que j'étais disposé à prendre pour de l'acide cyanique; mais il n'avait point d'odeur, et se trouva être de l'acide carbonique pur. Comme par l'évaporation du cyanate de potasse il se forme du carbonate d'ammoniaque, ce sel pouvait fort bien être la source de l'acide carbonique que je venais d'obtenir; mais il restait évident qu'il n'y avait avec l'acide carbonique aucune odeur d'acide cyanique. Je mis alors sur le mercure une dissolution de cyanate de baryte qui ne pouvait contenir du carbonate d'ammoniaque, et j'y portai de l'acide hydro-chlorique. Le liquide se remplit aussitôt de petites bulles qui se réunirent en un volume égal à celui du liquide, et l'eau de baryte l'absorba entièrement en se troublant beaucoup; c'était aussi du gaz

carbonique. On distinguait facilement à l'odeur dans le liquide la présence de l'ammoniaque.

Pour constater ces expériences, et la conjecture que l'acide cyanique libre se décompose instantanément, par le moyen de l'eau, en acide carbonique et en ammoniaque, j'eus recours à la pile voltaïque. En employant, par exemple, me disais je, du cyanate de baryte, ses deux élémens devaient se séparer; mais l'acide devait se décomposer aussitôt en ammoniaque et en acide carbonique, et ce dernier se précipiter avec la baryte. Dans le fait, l'essai réussit parfaitement. Une pile de 30 paires produisit à vue d'œil un trouble dans la branche d'un petit siphon contenant la dissolution saline, qui communiquait avec le pole négatif, et, au bout de trois heures, il s'était précipité une quantité visible de carbonate de baryte. L'odeur de l'ammoniaque se faisait sentir fortement dans la même branche, mais dans l'autre elle n'était presque pas sensible, et on ne distinguait pas du tout l'odeur de l'acide cyanique.

C'est sans doute cette décomposition de l'acide cyanique qui a porté M. Gay-Lussac à admettre que les cyanures alcalins se changeaient instantanément par les acides en acide carbonique, en ammoniaque et en acide hydrocyanique. Mais ce dernier vient évidemment de l'hydrocyanate alcalin qui se forme en même temps que le cyanate, lorsque l'on porte le cyanogène dans une dissolution alcaline (1).

---

(1) L'auteur termine son Mémoire en faisant l'aveu de l'imperfection de ses recherches. Elles laissent en effet la question de l'existence de l'acide cyanique indécise, et on

Extrait *du premier volume des* Recherches *de M. Stromeyer* sur l'analyse des minéraux.

M. Stromeyer, professeur très-distingué de chimie à Gottingue, a fait paraître, à la fin de l'année dernière, le premier volume d'un ouvrage dans lequel il compte donner successivement les résultats de ses recherches. Il est intitulé : *Untersuchungen über die Mischung der mineral Körper und anderer damit verwandten substanzen.* Comme l'habileté et l'exactitude bien reconnues de M. Stromeyer donnent un très-grand prix à ses travaux, nous pensons faire une chose agréable à nos lecteurs en leur mettant sous les yeux les résultats de l'analyse des principales substances qu'il a examinées.

Arragonite. On se rappelle que c'est M. Stromeyer qui le premier a reconnu la présence de la strontiane dans l'arragonite, et qui a par là fait disparaître l'anomalie singulière que présentait cette substance consi-

---

pourrait lui demander comment, après avoir reconnu une odeur si pénétrante de vinaigre lorsqu'il a versé un acide sur son prétendu cyanate, il n'a pas cherché à recueillir le corps qui produisait cette odeur. Il reste donc à connaître mieux qu'on ne l'a fait la nature de l'acide qui se forme lorsque l'on combine le cyanogène avec les alcalis, et à déterminer les proportions de ses élémens. Il serait peut-être possible, en opérant à une température très-basse, et en décomposant le sel de baryte par l'acide sulfurique, dans un autre dissolvant que l'eau, d'obtenir le nouvel acide isolé. Ce sont des recherches importantes auxquelles nous engageons l'auteur à se livrer. R.

dérée comme du carbonate de chaux pur. Le tableau suivant renferme les résultats de ses diverses analyses.

Arragonite.	Carbonate de chaux.	Carbonate de strontiane.	Eau de cristallisation.
Prismatique de Molina dans l'Arragon	95,68	4,02	0,30
Scapiforme de Bastènes, près de Dax (Landes)	95,30	4,10	0,60
Scapiforme de Kaiserstuhl, près Burkheim en Brisgaw.	97,13	2,46	0,41
Scapiforme du Blaue-Kuppe, près d'Eschwège dans la Hesse	97,42	2,27	0,31
Scapiforme de Vertaison en Auvergne	97,74	2,06	0,20
Sapiforme de Nertschinsk en Sibérie	98,64	1,10	0,26
Fibreuse de la montagne de Tschopau, près d'Aussig en Bohême	98,76	1,02	0,22
Scapiforme de Kannioak dans le Groenland	99,10	0,74	0,16
Scapiforme de Leogang dans le Salzbourg	99,13	0,72	0,15
Fibreuse de Waltsch en Bohême	99,29	0,51	0,20.

Magnésite dure de Baumgarten en Silésie.

Magnésie,	47,63 ;
Oxide de manganèse,	0,21 ;
Acide carbonique,	50,75 ;
Eau,	1,41.
	100,00.

Picropharmacolite de Riegelsdorf dans la Hesse.

Ce minéral se rapproche, par plusieurs de ses propriétés essentielles, de la pharmacolite (chaux arséniatée); mais il s'en éloigne par la magnésie qu'on y trouve en proportion assez remarquable.

Chaux,	24,65 ;
Magnésie,	3,22 ;
Oxide de cobalt,	1,00 ;
Acide arsénique,	46,97 ;
Eau,	23,98.
	99,82.

Vulpinite. On a donné ce nom à un minéral qu'on trouve à Vulpino, près de Bergame, et qui est connu sous le nom de *marbre Bardiglio de Bergame.* On l'emploie pour faire des tables et des chambranles de cheminée. M. Fleuriau de Bellevue est le premier qui l'ait distingué du marbre, et M. Vauquelin, qui en a fait l'analyse, a reconnu en effet qu'il était composé sur 100 parties, de 92 de chaux sulfatée anhydre et de 8 de silice. Néanmoins, Haüy, dont la minéralogie sera long-temps en deuil, avait conjecturé, d'après plusieurs indices, qu'il devait appartenir à l'espèce chaux sulfatée anhydre, et que la silice et le quartz qu'il renfermait y étaient à l'état de mélange. Ces conjectures paraissent vérifiées par l'analyse qu'en a faite M. Stromeyer; car il a trouvé dans la variété :

	A grandes écailles (*grob-schuppig*).	A petites écailles (*fein-schuppig*).
Chaux,	41,41	41,70;
Acide sulfurique,	56,78	58,01;
Oxide de fer,	0,03	....
Silice,	0,26	0,09;
Eau,	0,94	0,07.
	99,42	99,87.

Strontianite (strontiane carbonatée).

	De Braunsdorf, près de Freyberg.	De Strontian en Ecosse.
Carbonate de strontiane,	96,24	93,51;
Carbonate de chaux,	2,27	6,17;
Carbonate de manganèse,	0,13	0,10;
Eau,	0,07	0,08.
	98,71	99,86.

Klaproth n'indique point de chaux dans le minéral de Strontian; mais M. Stromeyer a répété plusieurs fois son analyse sur des échantillons très-purs, et il y a trouvé constamment de la chaux.

Célestine (strontiane sulfatée).

	Fibreuse de Dornburg, près de Jena.	Feuilletée de Süntel, près de Munder.	Radiée de Girgenti en Sicile.
Strontiane	56,26	55,18	56,35.
Baryte	...	0,86	....
Acide sulfurique	42,95	42,74	43,08.
Oxide de fer	0,05	0,04	0,03.
Argile	0,05	....	.....
Chaux carbonatée	0,10	0,02	0,09.
Substance bitumineuse et eau.	0,11	0,05 eau	0,18.
Chaux	....	0,31.	
	99,50	99,20	99,73.

Bleyglas (*verre natif de plomb*) *de Zellerfeld au Harz.*

On avait pris ce minéral tantôt pour un oxide et tantôt pour du carbonate de plomb ; mais, d'après l'analyse de M. Stromeyer, c'est du sulfate de plomb sensiblement pur.

Eisenpecherz de Stollengange, près de Freyberg.

Klaproth l'ayant trouvé composé, sur 100 parties, de 67 oxide de fer, 8 acide sulfurique, 25 eau, Karsten en avait fait une espèce particulière ; mais Haüy l'a rangé, dans son tableau comparatif, parmi les variétés de fer oxidé, sous le nom de *fer oxidé résinite.* D'après l'analyse de M. Stromeyer, il est composé de

Oxide de fer,	33,10 ;
Oxide de manganèse,	0,64 ;
Acide arsénique,	26,06 ;
Acide sulfurique,	10,04 ;
Eau,	29,26.
	99,10.

Il est très-vraisemblable que ce minéral doit son origine à la décomposition du mispickel ; que l'arséniate de fer neutre qui en sera résulté aura été dissous par l'acide sulfurique formé en même temps, et que, par les progrès de l'oxidation du fer, il se sera précipité avec un excès de base. Freiesleben dit en effet, dans ses *Travaux géognostiques*, vol. v, qu'on trouve originairement ce minéral en dissolution dans l'eau, et qu'il s'en précipite ensuite à l'état solide. L'eau est fortement acide et contient jusqu'à 21 pour $\frac{0}{0}$ d'acide sulfurique. Un

morceau du même échantillon qui avait servi aux expériences de Klaproth a présenté exactement à M. Stromeyer la même composition.

Spherosiderite de Steinheim, près de Hanau.

	Klaproth.	Stromeyer.
Fer protoxidé,	63,75	59,63.
Oxide de manganèse,	0,75	1,89.
Magnésie,	0,25	0,15.
Acide carbonique,	34,00	38,04.
Chaux,	....	0,20.
	98,75	99,91.

Fer spathique du *Silbern Nagel*, près de Stolberg.

Fer carbonaté,	78,41.
Manganèse carbonaté,	16,25.
Magnésie carbonatée,	3,77.
Chaux carbonatée,	1,19.
Eau,	0,25.
	99,87.

Ce fer spathique est remarquable par la grande quantité de manganèse qu'il contient.

Fer phosphaté de Cornouailles.

Fer protoxidé,	41,23.
Acide phosphorique,	31,18.
Eau,	27,48.
	99,89.

Ce résultat est parfaitement d'accord avec celui obtenu par Klaproth pour le fer phosphaté d'Eckartsberg en

Saxe ; mais il s'éloigne beaucoup de ceux de Fourcroy et de M. Laugier pour le fer phosphaté de l'Ile-de-France, et de M. Vogel pour celui de Bavière.

Acide borique de l'île Vulcano.

Suivant le Dr Stromeyer de Hambourg, qui a visité les lieux, cet acide ne se rencontre pas dans toutes les îles de Lipari, mais seulement dans l'île Vulcano : on le trouve dans une crevasse formée par le cratère, d'où sortent des sources chaudes. Le toit et les parois de cette crevasse en sont entièrement recouverts, comme d'un gazon, et, dans plusieurs endroits, la couche a plusieurs pouces d'épaisseur.

Cette couche est formée de petites lames cristallines d'acide borique presque désagrégées, qui contiennent du soufre en plus ou moins grande quantité, tantôt seulement par places, et tantôt par couches, et qui ont aussi enveloppé çà et là des petits débris de la roche qui leur sert de matrice, laquelle est une lave décomposée par les vapeurs.

Les paillettes d'acide borique sont parfaitement pures : elles sont blanches, d'un éclat nacré, plus ou moins transparentes, douces au toucher, fusibles dans leur eau de cristallisation, solubles dans l'eau et l'alcool, etc. Elles ont été évidemment formées par sublimation, au moyen des vapeurs aqueuses, et ont, on n'en peut douter, la même origine que le sassolin ou acide borique de Sasso dans le Florentin. M. Lucas a eu occasion d'examiner, dans l'île Vulcano, les croûtes d'acide borique dont on vient de parler. (*Annales de Chimie et de Physique*. xi. 443.)

Apophyllite,

	De la vallée de Fassa dans le Tyrol.	De Karartat dans le Groenland, rapportée par M. Giesecke.
Silice,	51,86	51,86.
Chaux,	25,20	25,22.
Potasse,	5,14	5,31.
Eau,	16,04	16,90.
	98,24	99,29.

Ce minéral se laisse très-bien attaquer par l'acide hydro-chlorique concentré; il contient environ un demi-centième d'oxide de fer et d'alumine, qu'on a négligé dans le tableau des résultats de son analyse.

Kieselspath de Chesterfield, dans le Massachusset.

M. Hausmann avait reçu ce minéral en 1817; il en a donné la description dans le *Gött. Gel. anz-jahrg.* 1817. s. 1401.

Silice,	70,68.
Alumine,	19,80.
Soude,	9,06.
Chaux,	0,23.
Fer et manganèse,	0,11.
	99,88.

On voit que ce minéral est une espèce de feldspath à base de soude.

Allophane de Graefenthal, près de Saalfeld.

Ce minéral, qui a beaucoup de rapports avec la Haüyne, se trouve dans une pierre marneuse d'un brun jaunâtre,

et mêlé d'hydrate de fer : il en remplit les vacuoles. Là où il ne fait que tapisser les vacuoles, sa surface est tubéreuse et ressemble même quelquefois à des stalactites; souvent il est disséminé dans la masse. Sa couleur est le bleu de ciel clair, passant quelquefois au bleu verdâtre; sa cassure est conchoïde, presque unie, avec un éclat gras ou vitreux; il est demi-transparent et quelquefois transparent. Il est très-aigre et d'une dureté à-peu-près égale à celle de la chaux carbonatée. Sa densité varie de 1,852 à 1,889.

Alumine,	32,20.
Silice,	21,92.
Chaux,	0,73.
Sulfate de chaux,	0,52.
Cuivre carbonaté,	3,06.
Oxide de fer,	0,27.
Eau.	41,30.
	100,00.

Quant à la place de ce minéral dans le système minéralogique, celle qui lui convient le mieux est dans la famille des zéolithes, auprès de la Haüyne, avec laquelle il a de grands rapports tant par ses caractères extérieurs que par sa composition chimique.

Dichroïte de

	Simiutak dans le Groenland.	Bodemais en Bavière.
Silice,	49,17	48,35.
Alumine,	33,11	31,71.
Magnésie,	11,45	10,16.
Fer oxidulé,	4,34	8,32.
Manganèse,	0,04	0,33.
Eau ou perte par la chaleur,	1,20	0,59.
	99,31	99,46.

M. Brandes avait trouvé de l'acide borique dans la dichroïte de Bodemais; mais M. Stromeyer l'y a recherché avec le plus grand soin, et n'a pu y en découvrir.

Steinheilite d'Orrijerfwi en Finlande.

Ce minéral était connu depuis quelque temps en Finlande, où, d'après sa forme et son apparence extérieure, on le regardait comme une variété de quarz. Le comte de Steinheil, ayant reconnu des différences entre ces deux substances, engagea M. Gadolin à en faire l'analyse. M. Gadolin trouva qu'en effet c'était une espèce minérale particulière, dans laquelle il crut même reconnaître une substance nouvelle; mais M. Stromeyer, en comparant la description qu'on en avait donnée avec celle de la dichroïte, soupçonna que les deux minéraux étaient identiques, et l'analyse a pleinement confirmé sa conjecture.

Silice,	48,54.
Alumine,	31,73.
Magnésie,	11,30.
Fer oxidulé,	5,69.
Manganèse,	0,70.
Eau ou perte par la chaleur,	1,69.
	99,65.

Fahlunite dure de Fahlun en Suède.

M. Hausmann, dans son *Traité de Minéralogie*, avait rapporté ce minéral à l'espèce *triclasite*, et avait désigné sous le nom de *triclasite testacée* la variété dont il est ici question, en remarquant toutefois qu'il ne lui paraissait pas invraisemblable que ce fût une dichroïte. C'est en effet ce que confirme l'analyse de M. Stromeyer.

Silice,	50,25.
Alumine,	32,42.
Magnésie,	10,85.
Fer oxidulé,	4,00.
Manganèse,	0,68.
Eau ou perte par la chaleur,	1,66.
	99,86.

Tafelspath de Tshiklowa, dans le Bannat.

Silice,	51,44.
Chaux,	47,41.
Fer oxidulé,	0,40.
Oxide de manganèse,	0,26.
Eau ou perte par la chaleur,	0,08.
	99,59.

Picrolithe compacte de Suède.

Silice,	41,66.
Magnésie,	37,16.
Oxide noir de fer,	4,05.
Oxide de manganèse,	2,25.
Eau,	14,72.
	14,72.

Cette analyse de la picrolithe compacte la rapproche de la serpentine, et particulièrement de la serpentine noble, ainsi que l'avait déjà pensé M. Almroth, auquel on doit une analyse de la picrolithe du Taberg, dans le Smaland.

Méionite. MM. L. Gmelin et Arfwedson ont analysé

depuis peu ce minéral; mais les résultats auxquels ils sont parvenus sont si différens, qu'il est vraisemblable que ce n'est pas la même espèce qu'ils ont soumise à leurs recherches:

	Méionite dioctaèdre de Haüy.	Méionite de Sterzing, dans le Tyrol.
Silice,	40,53	39,92.
Alumine,	32,73	31,97.
Chaux (1),	24,24	23,86.
Potasse avec un peu de soude,	1,81	0,89.
Fer oxidulé,	0,18	2,24.
Manganèse,	. . .	0,17.
Eau,	. . .	0,95.
	99,49	100,00.

(1) M. Stromeyer a employé pour séparer la chaux un procédé qu'il est difficile de concevoir s'il n'y a pas quelque erreur dans son énoncé. Après avoir calciné le minéral avec du carbonate de soude, dissous dans l'acide hydro-chlorique, évaporé à siccité, redissous dans l'eau pour séparer la silice; il sature la dissolution par le carbonate de soude, et obtient un précipité blanc très-abondant qui, traité par la potasse caustique, *se dissout en entier* sans le secours de la chaleur, à l'exception de quelques petits flocons d'oxide de fer.

Cette dissolution alcaline, mêlée avec du sel ammoniac et chauffée, a donné l'alumine.

Le liquide d'où l'on venait de séparer le fer et l'alumine a été ensuite précipité avec l'oxalate de potasse, et a donné de l'oxalate de chaux, etc. Il faudrait donc admettre que le carbonate de chaux est très-facilement soluble dans la potasse caustique; ce qui est contraire à l'expérience. R.

Cette analyse est parfaitement d'accord avec celle de M. Gmelin. La méionite de Sterzing avait d'abord été connue en Allemagne sous le nom de *zoïsite*; mais M. Hausmann, en examinant sa structure et la manière dont elle se comporte au chalumeau, l'avait rapportée à la méionite.

Saphirine de Fiskenaes, dans le Groenland.

M. Giesecke avait envoyé, sous ce nom, à M. Stromeyer un nouveau minéral qu'il avait découvert dans le Groenland, et qu'il soupçonnait appartenir à la famille du spath adamantin ou des pierres dures. Il ne l'a trouvé qu'en masse dans le schiste micacé. Ce minéral a une texture imparfaitement grenue et lamelleuse; sa couleur est le bleu de saphir pâle, tirant quelquefois au vert gris ou au vert noirâtre. Il est transparent, et possède l'éclat du verre; il est très-dur et raie fortement le verre. Sa densité est de 3,4282. Au chalumeau, il ne se fond, ni seul ni avec le borax.

Alumine,	63,11.
Silice,	14,51.
Magnésie,	16,85.
Chaux,	0,38.
Protoxide de fer,	3,92.
Oxide de manganèse,	0,53.
Eau ou perte par la chaleur,	0,49.
	99,79.

Il résulte de cette analyse, qu'au lieu de placer ce

minéral de M. Giesecke avec la Lasulite, qui, comme M. Fuchs l'a montré, est une combinaison naturelle de l'acide phosphorique avec l'alumine et la magnésie, on doit le considérer comme une formation particulière du Hartstein.

Magnésie hydratée de New-Jersey, dans l'Amérique septentrionale.

Il n'y a pas très-long-temps qu'elle a été découverte par John Stevens à Hoboken (New-Jersey); elle se trouve dans une couche de serpentine qu'elle traverse en veines, depuis l'épaisseur d'une ligne jusqu'à celle de deux pouces, dans diverses directions. On l'avait d'abord prise pour du gypse lamelleux, avec lequel elle a en effet extérieurement de la ressemblance. Mais Bruce, qui en a fait l'analyse, a reconnu que c'était un hydrate naturel composé de 70 de magnésie et de 30 d'eau, entièrement exempt d'acide carbonique. On en doit aussi une analyse à M. Vauquelin.

	Vauquelin.	Stromeyer.
Magnésie,	64,0	68,34.
Eau,	29,0	30,90.
Oxide de fer,	2,5	0,12.
Silice,	2,0	. . .
Oxide de manganèse,	. . .	0,64.
	97,5	100,00.

Karpholite de Schlackenwald en Bohême.

	D'après M. Steinmann.	D'après M. Stromeyer.
Silice,	37,53	36,15.
Alumine,	26,48	28,67.
Oxide de manganèse (1),	17,09	19,16.
Oxide de fer,	5,64	2,29.
Chaux,	. . .	0,27.
Acide fluorique,	. . .	1,47.
Eau,	11,36	10,78.
	98,10	98,79.

(1) Nous ferons ici pour le manganèse la même remarque que nous avons faite pour la chaux. M. Stromeyer, après avoir traité le minéral par le carbonate de soude, délayé dans l'acide hydro-chlorique, évaporé à siccité pour séparer la silice, neutralise exactement le liquide avec le carbonate de soude, et traite le précipité encore humide par une dissolution de potasse caustique : il ne reste que de l'oxide de fer, retenant un peu d'alumine. Il obtient l'alumine qui est en combinaison avec la potasse, en ajoutant à la dissolution alcaline, à chaud, de l'hydro-chlorate d'ammoniaque : enfin, en saturant cette dissolution avec un acide, l'évaporant convenablement et la précipitant à chaud par le carbonate de soude, il obtient le manganèse. Ce qui nous paraît ici difficile à concevoir, c'est que le carbonate de manganèse qui avait été précipité par le carbonate de soude, après la séparation de la silice, se soit dissous dans la potasse. R.

Spodumène de Utoe en Suède.

Silice,	63,29.
Alumine,	28,78.
Lithine,	5,63.
Oxide noir de fer,	0,79.
Oxide de manganèse,	0,20.
Eau ou perte par la chaleur,	0,77.
	99,46.

Endialite de Kangerdluarsuk, sur la côte ouest du Groenland.

Ce minéral a été rapporté du Groenland par M. Giesecke. On le trouve dans la même couche que la sodalite, avec laquelle il est intimement mêlé, ainsi qu'avec une amphibole à larges feuillets. Il est en masse, ou cristallisé en dodécaèdres rhomboïdaux à angles tronqués. Sa texture est imparfaitement lamelleuse et grenue, et quelquefois écailleuse, et sa cassure passe du conchoïde à l'écailleux. Il ne possède qu'une dureté moyenne; il raie à la vérité le verre, mais il est fortement rayé à son tour par le grenat pyrope; il se laisse broyer facilement, et donne une poussière d'un rouge pâle. Son éclat, qui est peu considérable, tient le milieu entre l'éclat gras et celui du verre. Sa couleur est tantôt le rouge de rose pâle, et tantôt le rouge hyacinthe. Sur ses bords, et en petits morceaux, il est très-transparent. Sa densité est de 2,9035. Au chalumeau, il fond, en un instant, en un globule d'un vert clair, sans colorer aucunement la flamme. Les acides l'attaquent et le réduisent en gelée sans le secours de la chaleur, aussi facilement que la mésotype et l'apophyllite.

Silice,	53,33.
Zircone,	11,10.
Chaux,	9,79.
Soude,	13,82.
Oxide de fer,	6,75.
Oxide de manganèse,	2,06.
Acide muriatique,	1,03.
Eau,	1,80.
	99,68.

NOTE *sur la double réfraction du verre comprimé.*

PAR Mr A. FRESNEL.

M. BREWSTER a le premier reconnu qu'on pouvait donner au verre, en le comprimant, la propriété de colorer la lumière polarisée ; et s'étant assuré, par une suite d'expériences importantes, que les phénomènes de coloration d'une plaque de verre comprimée ou dilatée suivant une seule direction étaient tout-à-fait semblables à ceux que présentent les lames cristallisées, douées de la double réfraction, il n'hésita pas à avancer que la compression ou la dilatation du verre lui donnaient la structure des cristaux doublement réfringens.

Supposer que le verre reçoit, dans ce cas, une structure cristalline, même imparfaite, est, à mon avis, une hypothèse hasardée ; il ne me paraît pas probable que les faces homologues des dernières particules du verre

soient plus parallèles entre elles pendant la compression, qu'elles ne l'étaient avant : le seul changement régulier qui soit bien certain, c'est un plus grand rapprochement des molécules dans le sens de la compression que dans les directions perpendiculaires.

Quant à l'existence de la double réfraction dans le verre comprimé, de très-habiles physiciens n'avaient pas considéré les expériences de M. Brewster comme une preuve suffisante de la bifurcation de la lumière, et ils pensaient qne le verre ainsi modifié pouvait offrir les phénomènes de polarisation des cristaux doublement réfringens, sans posséder pour cela toutes leurs autres propriétés optiques.

Dans l'hypothèse de la polarisation mobile, la double réfraction du verre comprimé n'est point une conséquence nécessaire des phénomènes de coloration qu'il présente, malgré leur parfaite ressemblance avec ceux d'une lame cristallisée; tandis que lorsqu'on a admis que ceux-ci proviennent de l'influence mutuelle des rayons qui ont traversé la lame cristallisée avec des vitesses différentes, comme M. Young l'a indiqué le premier, il devient presque indispensable d'admettre aussi que les phénomènes de coloration du verre comprimé résultent pareillement d'une petite différence de marche entre les rayons lumineux qui le parcourent, c'est-à-dire en un mot, qu'il jouit de la double réfraction.

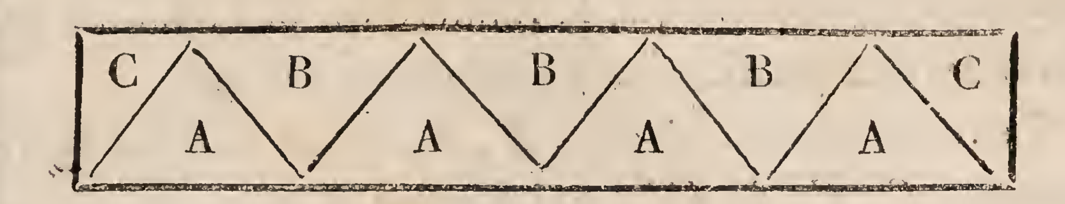
Quoique j'eusse adopté cette opinion depuis longtemps, elle ne me paraissait pas tellement démontrée qu'on dût négliger les vérifications expérimentales qui pouvaient s'offrir; c'est ce qui m'engagea, en 1819, à m'assurer que la lumière parcourt effectivement le verre

comprimé avec deux vitesses différentes, par les procédés si précis que fournit la diffraction et le principe des interférences. Je reconnus qu'effectivement la lumière parcourait la même plaque de verre avec plus ou moins de vitesse, selon que le faisceau incident était polarisé parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de compression, et je mesurai même la différence pour divers degrés de condensation et de dilatation du verre dans une plaque courbée. J'avoue qu'après avoir fait ces expériences, il ne me resta plus aucun doute sur l'existence de la double réfraction dans le verre comprimé, et la séparation angulaire de la lumière en deux faisceaux distincts, lorsqu'elle le pénètre sous une incidence oblique; car cette bifurcation est une conséquence mécanique nécessaire des deux vitesses de propagation de la lumière dans le même milieu, soit qu'on adopte la théorie des ondes ou celle de l'émission.

Néanmoins il m'a paru intéressant de produire deux images avec le verre comprimé, pour compléter les preuves de sa double réfraction, et la rendre sensible aux yeux des physiciens qui n'auraient pas la même confiance dans les procédés d'interférences, ou qui, n'adoptant aucune hypothèse sur les causes mécaniques de la réfraction, ne regarderaient pas la bifurcation de la lumière comme une suite indispensable de l'existence de deux vitesses. C'était une nouvelle occasion de prouver l'infaillibilité du principe des interférences, et la justesse des conséquences que l'on en déduit.

Comme la double réfraction du verre comprimé, même jusqu'à éclater, est très-faible, un seul prisme n'aurait donné qu'une divergence peu sensible, lors même que

son angle réfringent aurait été très-obtus ; c'est pourquoi j'ai employé quatre prismes *A*, *A*, *A*, *A* :



L'angle réfringent de chacun d'eux est droit ; ils sont placés l'un à côté de l'autre ; les angles réfringens, tournés du même côté, et les bases opposées, appuyées sur un même plan, et rapprochées les unes des autres de manière qu'elles se touchent par leurs arêtes longitudinales. C'est dans le sens de ces arêtes que les prismes sont comprimés entre deux mâchoires de fer, à l'aide de quatre vis qui pressent une plaque d'acier recouverte d'une lame de bois et d'une feuille de carton ; les autres extrémités des prismes s'appuient contre l'une des mâchoires de cette espèce d'étau, par l'intermédiaire aussi d'une feuille de carton et d'une lame de bois, afin que le verre soit pressé d'une manière plus égale et n'éclate pas aussi facilement : les vis ont leurs écrous et prennent leurs points d'appui dans l'autre mâchoire de l'étau.

Pour achromatiser ces quatre prismes, et supprimer dans la marche de la lumière les déviations inutiles à l'expérience, j'ai placé entre eux trois prismes renversés, *B*, *B*, *B*, ayant également 90°, et aux extrémités de l'appareil, deux prismes, *C*, *C*, de 45° seulement, de manière à recomposer un parallélipipède rectangle de verre, que les rayons traversent presque en ligne droite et perpendiculairement à ses deux faces extrêmes. Pour qu'ils puissent passer d'un prisme dans l'autre, les neuf prismes sont collés les uns aux autres avec de la

térébenthine, dont le pouvoir réfringent est presque égal à celui du crown de Saint-Gobain, employé dans cette expérience ; en sorte que la lumière est peu affaiblie par les réflexions partielles aux surfaces de passage.

Les trois prismes de 90°, *B*, *B*, *B*, et les deux demi-prismes *C*, *C*, de 45°, qui servent à achromatiser les quatre prismes comprimés, *A*, *A*, *A*, *A*, sont un peu moins longs que ceux-ci, de manière à ne pouvoir éprouver aucune pression. On conçoit que s'ils avaient été pressés comme les autres et au même degré, ils auraient détruit l'effet des premiers, puisque leurs angles sont tournés en sens contraire; tandis que les petites divergences entre les faisceaux ordinaire et extraordinaire produites par ceux-ci, s'ajoutent successivement les unes aux autres, parce que leurs angles réfringens sont tournés du même côté.

L'axe de double réfraction du verre comprimé dans un seul sens doit être la direction même de la compression, ainsi que M. Brewster l'a judicieusement observé : or, dans un milieu à un seul axe, c'est toujours perpendiculairement à cet axe que la différence de vitesse des rayons ordinaire et extraordinaire est la plus grande, et qu'on peut obtenir en conséquence les divergences les plus sensibles : voilà pourquoi j'ai pressé les prismes dans le sens de leurs arêtes longitudinales, perpendiculairement à la direction suivant laquelle la lumière les traverse. J'ai obtenu ainsi, par une forte compression, des doubles images dont l'écartement était d'un millimètre et demi, à un mètre de distance.

On pourrait craindre que cette séparation de la lumière en deux faisceaux ne tînt à quelques stries des verres;

mais, en changeant la position de l'œil, il est aisé de reconnaître que ce n'est point un effet de ce genre : on voit, à la vérité, varier l'écartement des images, ce qui provient de ce que les prismes ne sont pas comprimés par-tout au même degré ; mais, pour un œil exercé, ces variations ne sauraient se confondre avec les effets que présentent les stries. D'ailleurs, ce qui tranche toute difficulté, l'une des images est polarisée parallèlement à l'axe de compression, et l'autre suivant un plan perpendiculaire.

D'après l'idée que je me suis faite des causes mécaniques de la double réfraction, je crois que l'on doit reproduire tous les phénomènes optiques des cristaux à un axe, en comprimant le verre ou le dilatant dans une seule direction, et ceux des cristaux à deux axes, en le comprimant ou le dilatant suivant deux directions rectangulaires et à des degrés différens. Ainsi, pour expliquer clairement la modification que je suppose imprimée à cette substance, concevons un cube de verre dont les particules, situées d'abord à des distances égales les unes des autres, dans les trois directions perpendiculaires aux faces du cube, soient ensuite un peu rapprochées par la compression, suivant deux de ces directions ; si ces compressions sont égales, on rentrera dans le cas des cristaux à un seul axe ; mais si elles sont inégales, le milieu présentera trois espacemens différens de ses molécules, suivant les trois directions rectangulaires, et devra posséder toutes les propriétés optiques des cristaux à deux axes ; les inclinaisons des deux axes optiques relativement à ces trois directions rectangulaires pourront se calculer aisément d'après les degrés de raccourcissement qu'on fait

éprouver aux dimensions du cube. Je n'ai pas encore essayé de vérifier ces indications de la théorie par l'expérience, ce qui me paraît difficile, à cause des inégalités de pression presque inévitables sur les divers points de la même face du verre; néanmoins, avec des précautions convenables, peut-être viendra-t-on à bout d'obtenir des vérifications approchées. Dans ce cas, je suis persuadé qu'on trouvera les faits conformes aux résultats du calcul.

Avant d'entreprendre ces expériences, et aussitôt que mes occupations me le permettront, je me propose de me servir d'une pile de prismes analogue à celle que je viens de décrire, pour étudier la double réfraction des rayons qui traversent le cristal de roche suivant l'axe de cristallisation.

Il faudra placer l'un à côté de l'autre quatre ou cinq prismes de cristal de roche, ayant leurs angles réfringens tournés du même côté, et achromatisés par des prismes de crown; les faces d'entrée et de sortie de chaque prisme de cristal seront également inclinées sur l'axe, et leurs inclinaisons relatives d'un prisme à l'autre devront être telles que les rayons lumineux qui auront traversé le premier prisme parallèlement à son axe, traversent aussi tous les autres parallèlement à leurs axes. Les deux images qu'on obtiendra ainsi présenteront un phénomène bien particulier : au lieu d'être polarisées comme toutes celles qui résultent des doubles réfractions observées jusqu'à présent, elles offriront les caractères de la lumière directe, lorsqu'on les regardera au travers d'un rhomboïde de spath calcaire; mais elles en différeront en ce que, si on leur fait éprouver deux réflexions complètes dans un

parallélipipède de verre, sous une incidence intérieure de 50° environ, elles se trouveront polarisées suivant deux plans rectangulaires inclinés chacun de 45° sur le plan de réflexion. J'ai cru pouvoir annoncer d'avance ces résultats (au moins comme très-probables), à cause des ressemblances frappantes et multipliées qui existent entre les phénomènes de coloration des plaques de cristal de roche perpendiculaires à l'axe, et ceux que j'ai obtenus en plaçant une lame mince cristallisée parallèle à l'axe entre deux parallélipipèdes de verre croisés à angle droit, dans lesquels la lumière polarisée éprouve deux réflexions complètes avant et après son passage dans la lame cristallisée, et suivant des plans inclinés de 45° sur sa section principale. Ces phénomènes singuliers ont été décrits et calculés dans deux Mémoires lus à l'Institut vers la fin de 1817 et au commencement de 1818.

ANALYSE *d'un mica à un axe de réfraction.*

Par HENRI ROSE, à Berlin.

(*Annalen der Physik.* LXXI. 13.)

PARMI un grand nombre d'espèces de mica que le Dr Seebeck a examinées sous le rapport de leur action sur la lumière, il n'en a trouvé qu'une seule que l'on pourrait appeler avec raison *mica à un seul axe.* Elle se trouve dans une collection de minéraux de Sibérie achetée à Berlin, sans indication de son origine; mais

il est vraisemblable qu'elle vient de Sibérie. L'analyse que j'en ai faite m'a donné le résultat suivant :

Silice,	42,01 ;
Oxide de fer,	4,93 ;
Alumine,	16,05 ;
Magnésie,	25,97 ;
Potasse,	7,55 ;
Acide fluorique,	0,68.
Manganèse, une trace.	
	97,19.

La perte considérable dans cette analyse vient très-certainement en grande partie de la difficulté de séparer la magnésie de la potasse, et de déterminer leur proportion. Tous les procédés que l'on peut employer ici ne peuvent donner que des approximations, et je ne connais aucune méthode qui puisse conduire à des résultats plus certains. Celle dont je me suis servi pour déterminer la quantité de la potasse est la suivante :

Des lames minces de mica furent mises dans un creuset d'argent et chauffées au rouge : la masse qui en provint ayant été dissoute dans l'acide muriatique, on sépara la silice par l'évaporation à siccité, la baryte par l'acide sulfurique, l'alumine et l'oxide de fer par l'ammoniaque. Le liquide fut alors évaporé à siccité, et le résidu, après avoir été exposé à une chaleur rouge jusqu'à ce que l'hydro-chlorate et le sulfate d'ammoniaque eussent été volatilisés, fut dissous dans l'eau et mêlé avec de l'acétate de baryte. Le liquide, séparé du sulfate de baryte par le filtre, fut évaporé à siccité, le

résidu chauffé au rouge, puis traité par l'eau, et le carbonate de potasse qui avait été dissous par là fut desséché, calciné, pesé, changé en chlorure de potassium et pesé de nouveau pour vérification.

Pour déterminer le rapport des autres principes constituans, on recommença l'analyse; mais on attaqua le mica par le carbonate de potasse. La silice fut séparée comme à l'ordinaire. Après avoir été rougie, elle présentait un peu de cohérence; elle pouvait, d'après cela, quoiqu'elle eût été parfaitement rougie, n'être pas entièrement pure; car la silice pure, chauffée au rouge, forme la poussière la plus fine.

Le liquide qui avait été séparé de la silice fut précipité par l'ammoniaque, le précipité bouilli avec une dissolution de potasse caustique, l'oxide de fer qui resta dissous dans l'acide hydro-chlorique, et la dissolution neutralisée par l'ammoniaque et précipitée par le succinate d'ammoniaque. L'alumine fut précipitée de sa dissolution dans la potasse par l'acide hydro chlorique, reprise par cet acide, et précipitée de nouveau par le carbonate d'ammoniaque.

Le liquide qu'on recueillit par le filtre et celui d'où il s'était précipité du succinate de fer furent réunis, évaporés convenablement, mêlés avec une dissolution de carbonate de potasse, en quantité suffisante pour décomposer en totalité les sels ammoniacaux, et évaporés jusqu'à siccité; le résidu fut de nouveau dissous dans l'eau, tenu en ébullition avec elle, et la magnésie obtenue séparée par le filtre. Après avoir fait rougir la magnésie, elle fut pesée et dissoute dans l'acide hydro-chlorique, et comme cela arrive presque toujours dans l'analyse des

minéraux qui contiennent de la silice, il se sépara un peu de cette dernière substance. Le manganèse que la magnésie contenait était en beaucoup trop petite quantité pour pouvoir en être séparé.

L'adhérence de la silice obtenue par ce procédé ne pourrait provenir que de ce que le mica dont il est ici question contenait aussi de l'acide fluorique, qui, d'après l'insolubilité du fluosilicate de potasse, serait resté avec la silice, et n'aurait pu en être séparé parfaitement par l'acide hydro-chlorique : en calcinant au rouge, l'acide fluorique se serait dégagé, et la potasse se serait combinée avec la silice, et aurait donné de l'adhérence à ses molécules.

Pour déterminer la quantité d'acide fluorique et la proportion exacte de la silice, l'analyse du mica fut recommencée une troisième fois, d'après la méthode suivie par M. Berzelius pour l'analyse des topases.

Comme ce mica, soumis à une chaleur qui faisait perdre aux autres espèces de mica que j'avais examinées leur eau et leur acide fluorique, n'éprouvait aucun changement, tant dans son poids que dans son apparence extérieure, je ne m'attendais pas à y trouver de l'acide fluorique. Dans une dissertation publiée il y a deux ans, j'ai donné comme un caractère des micas, qui contiennent beaucoup d'acide fluorique, qu'ils perdent leur éclat métallique à une chaleur rouge modérée, et qu'ils deviennent mats ; et que ceux qui ne contiennent que de très-petites quantités d'acide fluorique peuvent changer de couleur par une chaleur rouge, mais qu'ils conservent tout leur éclat. Le mica, qui fait le sujet de notre analyse, contient plus d'acide fluorique que celui de Uto,

qui perd son éclat très-facilement par une chaleur modérée, laquelle ne fait éprouver aucun changement au premier. L'opacité qui se développe à une température peu élevée, quoiqu'elle dépende bien certainement du dégagement de l'acide fluorique, n'est pas un caractère d'une plus grande proportion de cet acide. Il paraît que lorsque le mica contient en même temps quelques traces d'eau, l'acide fluorique se dégage plutôt que lorsqu'elle manque, et qu'il devient alors opaque à une température peu élevée. Mais si la chaleur est très-forte, le mica à un axe perd aussi son éclat et presque deux pour cent de son poids.

Quant à la composition chimique de ce mica, on voit qu'elle s'écarte d'une manière remarquable de celle des trois autres espèces de mica que j'ai précédemment examinées (1); la formule que j'avais donnée pour représenter la composition de ces derniers,

$$KS^3 + 12 \left\{ \frac{A}{F} \right\} S$$

(1) Voici les résultats de l'analyse de ces trois espèces de mica :

	Mica de Broddbo.	Mica de Kimita en Finlande.	Mica de Uto.
Silice	46,10	46,36	47,5
Oxide de fer	8,65	4,53	3,2
Alumine	31,16	36,80	37,2
Oxide de manganèse.	1,40	0,02	0,9
Potasse.	8,34	9,22	9,6
Acide fluorique.. . .	1,12	0,76	0,56.
Eau	0,87	1,04	1,39.
	97,64	98,73	100,35.

s'applique assez bien aux trois espèces qui se confondent aussi entièrement dans leur action sur la lumière. Je ne saurais affirmer avec certitude si la potasse existe effectivement dans ces micas à l'état de tri-silicate, parce qu'il est trop difficile de le déterminer à cause de la petite quantité d'oxigène que contient cet alcali, et de la difficulté d'en avoir la véritable proportion; mais il est au contraire certain que le fer et l'alumine existent à l'état de silicates dans les micas à deux axes, et que ces deux substances, étant isomorphes, s'y remplacent mutuellement.

Dans le mica que je viens d'examiner,

La silice contient....	21,13 pour $\frac{0}{0}$ d'oxigène.
L'oxide de fer.......	1,51
L'alumine...........	7,50
La magnésie........	10,05
La potasse..........	1,28
L'acide fluorique (1).	0,50

On voit par là que l'oxigène de toutes les bases est égal à celui de la silice; que, de plus, l'oxigène des bases à trois atomes d'oxigène (l'oxide de fer et l'alumine) et celui de la potasse est égal à l'oxigène de la magnésie. Il serait par conséquent possible que ce mica fût composé du mica ordinaire à deux axes (ou des silicates des bases à trois atomes d'oxigène, réunis au

---

(1) M. Rose conserve pour l'acide fluorique l'ancienne théorie d'après laquelle il faut admettre qu'une proportion de cet acide contient une proportion d'eau. R.

silicate de potasse, comme les micas que j'ai examinés antérieurement), et de mica formé de silicates des bases à deux atomes d'oxigène, comme la magnésie; composition qui rendrait peut-être raison de l'action remarquable de ce mica sur la lumière.

Le mica à deux axes se distingue aussi du mica à un seul axe par la manière dont il est attaqué par les acides. Le premier est entièrement indissoluble par les acides les plus puissans; mais il n'en est pas de même du second, qui, quoique plus dense, est cependant attaqué d'une manière remarquable en le faisant digérer avec les acides.

M. Peschier, de Genève, a récemment publié une dissertation dans laquelle il affirme avoir trouvé de l'oxide de titane en quantité très notable dans beaucoup d'espèces de mica. J'ai soumis à l'épreuve du chalumeau toutes celles qu'il cite, et je n'ai pu découvrir dans aucune la moindre trace d'oxide de titane, quoique ce corps soit du nombre de ceux qu'on peut découvrir facilement au chalumeau par la manière dont il se comporte avec les fondans. M. Peschier a traité le mica par le nitrate de baryte, dissous la masse rougie dans l'acide hydro-chlorique, saturé la dissolution avec le carbonate d'ammoniaque, et, après l'avoir filtrée, en a séparé l'oxide de titane. Mais il n'est point possible, par ce procédé, d'obtenir l'oxide de titane; car, étant dissous dans les acides, il en est entièrement précipité par le carbonate d'ammoniaque.

RAPPORT *sur un nouveau calefacteur de M.* Lemare, *fait à l'Académie des Sciences le* 26 *août* 1822, *par MM.* Fourier *et* Thenard.

IL y a quelque temps que M. Lemare a présenté à l'Académie un appareil qu'il appelle *calefacteur.* Chargé de l'examiner avec M. Fourier, nous l'avons soumis à des épreuves d'autant plus suivies qu'il a pour objet la cuisson des viandes, des légumes, des alimens en général, et que l'auteur le destine aussi à la production de la vapeur ou au moins à la *calefaction* de l'eau.

Pour s'en former une idée, que l'on se représente un foyer dont l'air chaud s'élève entre les parois d'un vase cylindrique et celles d'un vase circulaire enveloppant latéralement le premier à une distance d'environ 10 à 12 millimètres. Il est clair que si l'on met de l'eau dans les deux vases, les deux portions d'eau qu'ils contiendront s'échaufferont en même temps, et qu'une fois échauffées, la portion intérieure, entourée par la portion extérieure, ne se refroidira que très-lentement, même après l'extinction totale du feu, pourvu qu'il ne s'introduise pas d'air froid dans l'espace intermédiaire.

L'appareil offre d'ailleurs des dispositions qui en rendent l'usage commode et avantageux, dispositions qu'on appréciera facilement sur le modèle que nous mettrons sous les yeux de l'Académie.

Un regître est établi sous la plaque trouée du foyer, qui permet de modérer ou d'arrêter la combustion du charbon.

Le vase intérieur s'applique par ses bords sur ceux du

vase extérieur, de manière qu'à volonté on peut intercepter ou laisser libre le courant d'air. Ce vase, qui est une espèce de seau ou de marmite, se ferme avec un couvercle.

Quant au vase extérieur, il présente seulement trois petites ouvertures : l'une supérieure pour verser l'eau, une autre inférieure garnie d'un robinet pour la tirer, et une troisième, que la première peut suppléer, puisqu'elle n'est destinée qu'à recevoir un tube recourbé propre à conduire la vapeur au dehors. Le vase extérieur ne s'élève pas à une plus grande hauteur que le vase intérieur ; mais il descend plus bas, et assez pour affleurer par sa base la grille du foyer. Il est bon de le couvrir d'un tissu ouatté.

La première expérience que nous avons faite a été de constater la quantité d'eau qu'on pouvait échauffer ou réduire en vapeur, dans un appareil de cette sorte, avec une quantité donnée de charbon.

Treize litres et demi d'eau à 22° centigrades ont été mis dans le vase extérieur, et quinze et demi à la même température dans le vase intérieur, en tout 29 litres. Un kilogramme de charbon a été employé. Au bout de quatre heures moins un quart, on a mis fin à l'expérience. A cet effet, le charbon restant a été étouffé et pesé : il s'en est trouvé 82 grammes, d'où il suit qu'il y en a eu de brûlé 918 grammes.

L'eau étant revenue à sa température primitive, on l'a mesurée : le vase intérieur en contenait.... 13lit.,69
et le vase extérieur........................ 9,00

Total....... 22lit.,69

Donc il s'en était vaporisé................ 6lit.,31

Conséquemment, dans cette expérience, une partie de charbon a réduit en vapeur $6^{gr.}$,89 d'eau à 22° de température, et de plus a porté $22^{lit.}$,69 d'eau de 22° à 100°; résultats qui prouvent que la partie de charbon aurait été capable de vaporiser $9^{gr.}$,42 à zéro de température : or, comme le charbon n'en peut, théoriquement parlant, vaporiser que 10^{fois},8 son poids, l'eau étant primitivement à zéro, on voit, en tenant compte de l'élévation de température des vases qui pèsent à-peu-près 6 kilog., que la perte de chaleur n'est que d'environ $\frac{1}{10}$; ce qui est très-peu de chose.

Après avoir ainsi reconnu que la perte de chaleur était très-petite dans cet appareil, nous l'avons examiné sous le point de vue de la cuisson des alimens, et surtout de la préparation du bouillon. On nous pardonnera, j'espère, les détails dans lesquels nous allons entrer; nous avons cru ne pas devoir les omettre, parce que l'auteur n'a donné aucun Mémoire explicatif, et qu'ils intéressent d'ailleurs l'économie domestique. On sait que, pour obtenir de bon bouillon, il faut que le pot bouille à peine avec la meilleure viande; vous feriez une mauvaise soupe si l'ébullition était vive et long-temps soutenue. C'est ce que tout le monde a eu sans doute plus d'une fois l'occasion de remarquer. Un appareil qui préviendrait cet inconvénient mériterait déjà d'être recherché. Si, de plus, il n'exigeait presque aucun soin, s'il était peu dispendieux et s'il n'usait que très-peu de combustible, il devrait être préféré à tous les autres. Tels sont précisément les avantages de l'appareil dont nous parlons. Nous nous en sommes servis pendant trois semaines, et nous nous proposons d'en faire un usage habituel. Nous

avons mis environ 3 kilogr. de viande avec $4^{lit.},5$ d'eau et les autres ingrédiens ordinaires dans le vase intérieur; nous avons presque rempli d'eau le vase extérieur. 280 grammes de charbon non allumé ont été placés dans le foyer avec une vingtaine de grammes de charbon incandescent. Le regître a été ouvert, et le vase supérieur soulevé de manière que le courant d'air fût parfaitement établi. Bientôt le charbon s'est embrasé, et, dans l'espace de 36 à 40 minutes, l'eau extérieure et à-peu-près l'eau intérieure ont été portées à l'ébullition ; alors on a enlevé l'écume, et tout de suite, d'une part, on a fermé entièrement le regître, et de l'autre, on a abaissé le vase intérieur. Par ce moyen, le courant d'air a été interrompu, l'ébullition a cessé, ce qui est important pour la conservation de l'arome; et à dater de cette époque, on a plus eu à s'occuper de l'appareil. Le bouillon s'est trouvé fait, et la viande cuite six heures après. Nous devons cependant observer que, vers les deux tiers de l'opération, il est bon, selon nous, de reporter un instant les liqueurs à l'ébullition, en rallumant le charbon qui reste, et faisant en sorte que l'ébullition du bouillon dure le moins possible. La viande a toujours été excellente et le bouillon meilleur que par les procédés ordinaires. La quantité de charbon consommée ne s'est élevée, terme moyen, qu'à 280 grammes; d'après cela, une voie de charbon dont le poids est de 55 kilog., quand ce charbon est de la rivière d'Yonne et qu'il est bien mesuré, suffirait, à 1 kilog près, pour faire 200 *pots-au-feu* de six livres.

Il y a donc économie de temps, de combustible, amélioration de produit et certitude de réussir.

A ces avantages réels, il faut ajouter celui d'avoir 5 à 6 litres d'eau très-chaude dans le vase extérieur, dont on peut tirer parti pour les lavages.

Il faut observer de plus que le bouillon et la viande peuvent se conserver chauds dans le vase intérieur pendant plusieurs heures après leur préparation ; que rien ne s'oppose à ce que le pot-au-feu se fasse seulement avec demi-livre de viande, et moins encore; qu'il peut être mis la nuit comme le jour, parce qu'il n'a besoin d'aucun soin, chose précieuse pour les malades ; qu'un ouvrier peut le disposer le matin, et qu'à son retour du travail il trouvera son dîner prêt et chaud ; que cet appareil est non-seulement propre à la préparation du bouillon, mais à cuire presque tous les légumes et un grand nombre de viandes. Aussi avons-nous conseillé à l'auteur d'avoir des vases intérieurs de rechange qui seraient divisés en plusieurs compartimens : par là, on pourrait préparer tout à la fois les différens mets destinés à un petit ménage.

Tel qu'il est, au reste, il nous paraît susceptible d'un grand nombre d'applications dans l'économie domestique, applications que son prix modique répandra sans doute dans la classe peu aisée.

Il n'en serait pas de même si on le destinait à produire de la vapeur pour les pompes à feu; il est probable qu'on rencontrerait des difficultés d'exécution qui le feraient promptement abandonner.

Quoi qu'il en soit, l'appareil de M. Lemare nous paraît fondé sur de bons principes et digne de l'approbation de l'Académie.

Nota. Cet appareil devant être très-avantageux pour les usages domestiques, nous nous en sommes procuré les prix de l'auteur lui-même. R.

Prix des Calefacteurs-Lemare en fer-blanc.

N° 1 ou pour une livre de viande...	15 fr.
N° 2 ou pour deux livres..........	18
N° 3 ou pour trois livres..........	22
N° 4 ou pour quatre livres.........	27
N° 5 ou pour six livres............	32

On suppose que pour une livre de viande on mette deux livres d'eau.

M. Lemare demeure place du Pont-Neuf.

MÉTÉORE *lumineux observé à Paris le 6 août 1822, à huit heures un quart du soir.*

En entrant dans le jardin du Luxembourg par la porte de la rue d'Enfer, et suivant l'avenue qui lui fait face et qui se dirige de l'est à l'ouest, nous fûmes frappés tout-à-coup, M. Berthier, ingénieur des Mines, et moi, de l'éclat d'une lumière très-vive, semblable à celle d'un éclair, mais pas aussi instantanée. Ayant aussitôt élevé les yeux vers le ciel, nous aperçûmes une grande et belle traînée lumineuse serpentante, de la grosseur du poignet, qui nous parut dans le plan vertical passant par l'endroit où nous nous trouvions. Elle s'arrêta à 30 degrés

environ de l'horizon, et occupait dans le ciel un arc au moins égal. Sa partie inférieure, que nous appellerons *la tête*, était plus lumineuse que le reste qui s'affaiblissait graduellement en allant vers l'autre extrémité ou la queue, et nous y vîmes au premier instant quelques points plus brillans que le reste. Ce que ce météore a présenté de remarquable, c'est que la traînée lumineuse, fortement ondulée, qu'il a laissée, a duré plus de cinq minutes, et qu'elle n'a point changé sensiblement de place pendant tout ce temps, ainsi que je m'en suis assuré en m'approchant d'un arbre, et dirigeant un rayon fixe à l'extrémité de la partie inférieure, tant qu'elle a été visible. La traînée lumineuse diminuait de longueur, du côté de sa queue, en perdant peu à peu de son éclat, et c'est sa tête qui a été visible le plus longtemps.

Une lettre que nous avons reçue de Caen dit qu'au jour et à l'heure cités, on a aperçu dans la ville un météore igné qui est descendu presque verticalement, répandant une clarté égale à celle d'un éclair très-brillant, et jetant des étincelles comme une étoile volante; il laissait après lui une longue traînée lumineuse ondulée et remplie d'étincelles. Il a été vu au Hâvre, au Mans, à Cherbourg et à Southampton en Angleterre.

Mr A. Cauchy a aussi vu le météore, avec à-peu-près les mêmes circonstances que nous avons observées, M. Berthier et moi. Il lui attribue une très-grande hauteur dans l'atmosphère, comme cela est évident par la distance considérable des lieux d'où il a été aperçu, et il justifie celle d'environ une centaine de lieues qu'il

avait attribuée à un autre météore vu à Paris il y a deux ans, en rappelant qu'il fut aussi vu en même temps sur la Saône, près de Lyon.

Quelle que soit la nature de ces météores qui restera probablement long-temps inconnue, il me paraît incontestable qu'ils viennent, ainsi que les étoiles filantes, hors de l'atmosphère, et qu'ils s'y enflamment en y pénétrant. En effet, leur mouvement excessivement rapide suppose de toute nécessité une force de projection considérable : or, si la matière qui les forme existait dans l'atmosphère avant leur inflammation, il serait impossible de l'y concevoir autrement qu'à l'état de fluide élastique, et lorsqu'elle s'enflammerait, elle ne pourrait en recevoir aucun mouvement de projection, ni produire ce trait lumineux, rapide comme l'éclair, qui accompagne ce genre de météores. Il faut donc qu'elle soit à un autre état que celui de fluide élastique, et par conséquent qu'elle soit tout-à-fait étrangère à l'atmosphère. Cette matière pouvant être volatile, ainsi que le produit de sa combinaison avec l'oxigène, elle se dissiperait en fumée dans le lieu même de sa combustion, et s'il en était ainsi, il faudrait désespérer d'en recueillir jamais à la surface de la terre, et de parvenir par conséquent à la connaissance de sa nature. G.-L.

MÉMOIRE

Sur la Détermination de la formule qui représente l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques.

PAR M. AMPÈRE.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, dans la séance du 10 juin 1822.)

LORSQU'ON vient à découvrir un nouveau genre d'action jusqu'alors inconnu, le premier objet du physicien doit être de déterminer les principaux phénomènes qui en résultent, et les circonstances où ils se produisent; il reste ensuite à trouver le moyen d'y appliquer le calcul en représentant par des formules la valeur des forces qu'exercent les unes sur les autres les particules des corps où ce genre d'action se manifeste. Dès que j'eus reconnu que deux conducteurs voltaïques agissaient l'un sur l'autre, tantôt en s'attirant, tantôt en se repoussant, et que j'eus distingué et décrit les effets qui en résultent dans les différentes situations où ils peuvent se trouver l'un à l'égard de l'autre, je cherchai à exprimer de cette manière la valeur de la force qui s'exerce entre deux de leurs élémens ou parties infiniment petites, afin de pouvoir en déduire, par les méthodes connues d'intégration, l'action qui a lieu entre deux portions de conducteurs données de forme et de situation.

L'impossibilité de soumettre directement à l'expérience des portions infiniment petites du circuit voltaïque oblige

nécessairement à partir d'observations faites sur des fils conducteurs de grandeur finie, et il faut satisfaire à ces deux conditions que les observations soient susceptibles d'une grande précision, et qu'elles soient propres à déterminer la valeur de l'action mutuelle de deux portions infiniment petites. C'est ce qu'on peut obtenir de deux manières : l'une consiste à mesurer avec la plus grande exactitude des valeurs de l'action mutuelle de deux portions d'une grandeur finie, en les plaçant successivement, l'une par rapport à l'autre, à différentes distances et dans différentes positions ; car il est évident qu'ici l'action ne dépend pas seulement de la distance ; il faut ensuite faire une hypothèse sur la valeur de l'action mutuelle de deux portions infiniment petites, en conclure celle de l'action qui doit en résulter pour les conducteurs de grandeur finie sur lesquels on a opéré, et modifier l'hypothèse jusqu'à ce que les résultats du calcul s'accordent avec ceux de l'observation. C'est ce procédé que je m'étais d'abord proposé de suivre, comme je l'ai expliqué en détail dans un Mémoire lu à l'Académie des Sciences le 9 octobre 1820 (1), et quoiqu'il ne nous conduise à la vérité que par la voie indirecte des hypothèses, il n'en est pas moins précieux, puisqu'il est souvent le seul qui puisse être employé dans les recherches de ce genre. Un des membres de cette Académie, dont les travaux ont embrassé toutes les parties de la physique, l'a parfaitement décrit dans la Notice *sur l'aimantation imprimée*

(1) Ce Mémoire n'a pas été publié à part, mais les principaux résultats en ont été inséré dans celui que j'ai publié, en 1820, dans le tome XV des *Annales de Chimie et de Physique*.

aux métaux par l'électricité en mouvement, qu'il nous a lue le 2 avril 1821, en l'appelant « un travail en quelque sorte de divination qui est la fin de presque toutes » les recherches physiques (1). »

Mais il existe une autre manière d'atteindre plus directement le même but, c'est celle que j'ai suivie depuis, et qui m'a conduit au résultat que je désirais; elle consiste à constater par l'expérience que les parties mobiles des conducteurs sont, en certains cas, exactement en équilibre entre des forces égales ou des momens de rotation égaux, quelle que soit d'ailleurs la forme de la partie mobile, et de chercher directement, à l'aide du calcul, quelle doit être la valeur de l'action mutuelle de deux portions infiniment petites, pour que l'équilibre soit en effet indépendant de la forme de la partie mobile.

C'est ainsi que j'ai déterminé cette valeur en combinant deux expériences de ce genre; l'une que j'ai communiquée à l'Académie le 4 décembre 1820; l'autre dont je viens de constater le résultat avec toute l'exactitude possible.

Ce dernier procédé ne peut être employé que quand la nature de l'action qu'on étudie donne lieu à des cas d'équilibre indépendans de la forme des corps; il est par conséquent beaucoup plus restreint dans ses applications que celui dont j'ai parlé tout-à-l'heure; mais puisque les conducteurs voltaïques présentent des circonstances où cette sorte d'équilibre a lieu, il est naturel de le préférer à tout autre comme plus direct et plus simple. Il y a d'ailleurs, à l'égard de l'action exercée par ces corps, un motif bien plus décisif encore de le suivre dans

---

(1) *Voyez* le *Journal des Savans*, avril 1821, page 233.

les recherches relatives à la détermination des forces qui la produisent, c'est l'extrême difficulté des expériences où l'on se proposerait, par exemple, de mesurer ces forces par le nombre des oscillations d'un corps soumis à leur action; cette difficulté vient de ce que quand on fait agir un conducteur fixe sur une portion mobile de conducteur, les parties de l'appareil nécessaire pour établir les communications de cette portion mobile agissent sur elle en même temps que le conducteur fixe, et altèrent ainsi les résultats des expériences: je crois cependant être parvenu à la surmonter dans un appareil propre à mesurer l'action mutuelle de deux conducteurs circulaires concentriques, l'un fixe et l'autre mobile, par le nombre des oscillations de ce dernier, en en faisant varier la distance par l'emploi de différens conducteurs fixes, dans lesquels on ferait passer successivement le courant électrique. Je décrirai ailleurs cet appareil, que je n'ai point encore fait exécuter.

Il est vrai qu'on ne rencontre pas les mêmes obstacles quand on mesure de la même manière l'action d'un fil conducteur sur un aimant; mais ce moyen ne peut être employé quand il s'agit de l'action que deux conducteurs voltaïques exercent l'un sur l'autre, et qui doit être le premier objet de nos recherches dans l'étude des nouveaux phénomènes. En effet, les expériences que j'ai communiquées à l'Académie au mois de décembre dernier ont prouvé que l'hypothèse par laquelle les physiciens de la Suède et de l'Allemagne avaient cru pouvoir expliquer l'action que j'ai découverte entre deux fils conducteurs, en les considérant comme des assem-

blages de petits aimans situés dans des directions perpendiculaires à leur longueur, est en opposition avec les faits, puisque deux assemblages d'aimans ainsi disposés, quelque forme qu'on leur donne, ne peuvent, ni d'après la théorie ordinaire des phénomènes magnétiques, ni d'après celle que j'ai cru devoir lui substituer, ni d'après des expériences variées que j'ai faites à ce sujet il y a quelques mois, produire le mouvement continu toujours dans le même sens, et la production de force vive qui se manifeste alors, d'où il suit nécessairement qu'il faut ou regarder l'action découverte par M. Œrsted entre un conducteur voltaïque et un aimant comme tout-à-fait indépendante de celle que j'ai reconnue entre deux fils conducteurs, ou l'y ramener en considérant, ainsi que je l'ai fait, non pas les conducteurs comme des assemblages d'aimans transversaux, mais au contraire les aimans comme devant leurs propriétés à une disposition de l'électricité autour de chacune de leurs particules, identique à celle de l'électricité dans les fils conducteurs (1),

---

(1) Il semble d'abord singulier que les mêmes faits qui s'opposent absolument à ce qu'on attribue à l'aimantation transversale toutes les propriétés des conducteurs voltaïques ne s'opposent pas à ce qu'on explique toutes celles des aimans en les considérant comme des assemblages de courans électriques ; j'ai expliqué la cause de cette différence dans un exposé sommaire des progrès de cette branche de la physique pendant l'année 1821, que j'ai lu à la séance publique de l'Académie du 8 avril 1822, et qui a été inséré dans le Cahier de février 1822 du *Journal de Physique* ; elle vient de ce que, dans la première hypothèse, on devrait

disposition que j'ai désignée sous le nom de *courant électrique*, comme l'ont fait la plupart des physiciens qui ont écrit sur ce sujet : or, il est clair que si l'action d'un fil conducteur sur un aimant était due à une autre cause que celle qui a lieu entre deux conducteurs, les expériences faites sur la première ne pourraient rien apprendre relativement à la seconde, et que si les aimans ne doivent leurs propriétés qu'à des courans électriques

---

nécesairement pouvoir imiter, en employant seulement des aimans disposés convenablement, tous les phénomènes produits par l'action mutuelle de deux conducteurs, ce qui n'a pas lieu à l'égard du mouvement continu toujours dans le même, qu'on ne peut obtenir qu'avec deux conducteurs ou avec un conducteur et un aimant ; tandis que, dans ma manière de concevoir l'action magnétique, les courans électriques qui entourent chaque particule d'un aimant formant des circuits fermés, on ne doit pouvoir remplacer un conducteur voltaïque par un ou plusieurs aimans qu'à l'égard des phénomènes que le conducteur produit également, soit qu'il forme ou non un circuit fermé : or, dans l'expérience où j'ai obtenu le mouvement toujours dans le même sens par l'action mutuelle de deux fils conducteurs, il faut nécessairement, comme je l'expliquerai ailleurs plus en détail, que l'un d'eux ne forme pas un circuit complètement fermé ; d'où il suit qu'on peut encore obtenir, comme M. Faraday l'a fait le premier, ce singulier mouvement, en employant un aimant à la place de l'autre conducteur, mais jamais en remplaçant les deux conducteurs par des aimans ; ce qui s'observe en effet dans les expériences que j'ai faites à ce sujet, et que chacun peut aisément répéter.

entourant chacune de leurs particules, il faudrait, pour pouvoir calculer les effets qu'ils doivent produire, que l'on sût s'ils ont la même intensité près de la surface de l'aimant et dans son intérieur, ou suivant quelle loi varie cette intensité ; si les plans de ces courans sont par-tout perpendiculaires à l'axe du barreau aimanté, comme je l'avais d'abord supposé, ou si l'action mutuelle des courans d'un même aimant leur donne une situation d'autant plus inclinée à cet axe qu'ils en sont à une plus grande distance, et qu'ils s'écartent davantage de son milieu, comme le prouve la différence qu'on remarque entre la situation des poles d'un aimant et celles des points qui jouissent des mêmes propriétés dans un fil conducteur roulé en hélice (1).

---

(1) Je crois devoir insérer ici la note suivante qui est extraite de l'*Analyse des travaux de l'Académie* pendant l'année 1821, publiée le 8 avril 1822. (*Voyez* la partie mathématique de cette Analyse, pages 22 et 23.)

La principale différence entre la manière d'agir d'un aimant et d'un conducteur voltaïque, dont une partie est roulée en hélice autour de l'autre, consiste en ce que les poles du premier sont situés plus près du milieu de l'aimant que ses extrémités, tandis que les points qui présentent les mêmes propriétés dans l'hélice sont exactement placés à ses extrémités : c'est ce qui doit arriver quand l'intensité des courans de l'aimant va en diminuant de son milieu vers ses extrémités. Mais M. Ampère a reconnu depuis une autre cause qui peut aussi déterminer cet effet. Après avoir conclu de ses nouvelles expériences que les courans électriques d'un aimant existent autour de chacune de ses particules, il lui a

C'est donc par l'observation des cas d'équilibre indépendans de la forme des conducteurs qu'il convient de déterminer la force dont nous cherchons la valeur. Le premier de ces cas est celui que j'ai remarqué à la fin de l'année 1820; il consiste dans l'égalité d'action, sur un conducteur rectiligne mobile, de deux conducteurs fixes, situés à égales distances du conducteur mobile, l'un rectiligne et l'autre plié et contourné d'une manière quel-

---

été aisé de voir qu'il n'est pas nécessaire de supposer, comme il l'avait fait d'abord, que les plans de ces courans sont partout perpendiculaires à l'axe de l'aimant; leur action mutuelle doit tendre à donner à ces plans une situation inclinée à l'axe, surtout vers ses extrémités, en sorte que les poles, au lieu d'y être exactement situés, comme ils devraient s'y trouver, d'après les calculs déduits des formules données par M. Ampère, lorsqu'on suppose tous les courans de même intensité et dans des plans perpendiculaires à l'axe, doivent se rapprocher du milieu de l'aimant d'une partie de sa longueur d'autant plus grande, que les plans d'un plus grand nombre de courans sont ainsi inclinés et qu'ils le sont davantage, c'est-à-dire, d'autant plus que l'aimant est plus épais relativement à sa longueur, ce qui est conforme à l'expérience. Dans les fils conducteurs pliés en hélice, et dont une partie revient par l'axe pour détruire l'effet de la partie des courans de chaque spire, qui agit comme s'ils étaient parallèles à l'axe, les deux circonstances qui, d'après ce que nous venons de dire, n'ont pas nécessairement lieu dans les aimans, existent au contraire nécessairement dans ces fils; aussi observe-t-on que les hélices ont des poles semblables à ceux des aimans, mais placés exactement à leurs extrémités, comme le donne le calcul.

conque, quelles que soient d'ailleurs les sinuosités formées par ce dernier. J'imprime en ce moment, pour joindre au Recueil de Mémoires et de Notes relatives aux phénomènes électro-dynamiques (1), que j'ai publié et qui se trouve chez Crochard, libraire, cloître Saint-Benoît, n° 15, à Paris, la description de l'appareil avec lequel j'ai vérifié cette égalité d'action par des expériences susceptibles d'une grande précision. J'ai démontré, dans un Mémoire lu, le 24 décembre 1822, à l'Académie des Sciences, en partant de ce fait ainsi constaté, que si l'on nomme ρ une fonction des trois angles qui déterminent la situation respective de deux portions infiniment petites de courans électriques, proportionnelle à la force qu'elles exercent l'une sur l'autre à une distance déterminée lorsqu'on fait varier cette situation, et qu'on désigne ces trois angles par α, β, γ; α et β étant ceux que les directions des deux petites portions forment avec la ligne qui en joint les milieux, et γ l'inclinaison mutuelle des

---

(1) Cette dénomination est déduite de ce que les phénomènes qu'elle désigne sont produits par l'électricité en mouvement dans les fils conducteurs, conformément à l'opinion généralement admise sur ce qui se passe dans ces fils, et que le savant auteur de la Notice que j'ai citée plus haut exprime dans ces termes : « D'après les notions que nous avons données plus haut sur la construction de l'appareil voltaïque, » il est évident que l'électricité qu'il développe n'est pas » d'une autre nature que l'électricité développée par le frottement dans nos machines ordinaires : seulement *celle-ci* » *est retenue et fixée, au lieu que l'autre est en mouvement.* (*Journal des Savans*, avril 1821, page 232.)

plans de ces deux angles, la fonction ρ est nécessairement de la forme

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + k \cos.\alpha \cos.\beta,$$

k étant un coefficient constant (1). Il me restait à déterminer la valeur de ce coefficient; je n'y réussis pas dans le temps, je vis seulement, d'après des expériences que j'ai communiquées à l'Académie le 11 décembre 1820, que cette valeur paraissait être d'autant plus petite que les expériences que je faisais pour la déterminer étaient plus exactes. Comme je ne soupçonnais pas alors que cette valeur fût négative, j'en conclus seulement qu'elle pouvait être regardée comme nulle. J'ai trouvé depuis un nouveau cas d'équilibre indépendant de la forme du fil conducteur, d'où résulte une relation entre k et l'exposant de la puissance de la distance de deux portions infiniment petites de courans électriques, à laquelle leur action mutuelle est réciproquement proportionnelle quand cette distance varie. La description de l'apparcil avec lequel j'ai constaté ce nouveau cas d'équilibre, et le calcul par lequel j'en ai conclu la relation dont je viens de parler, sont le principal objet du Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Mais comme ce calcul ne peut se faire qu'à l'aide d'une transformation par laquelle j'ai exprimé la fonction des trois angles

---

(1) La quantité que je représente ici par k est désignée par $\frac{m}{n}$ dans le Cahier de septembre du *Journal de Physique*, année 1820, où j'ai inséré la démonstration dont il est ici question. On la trouve avec plus de détail dans mon Recueil de Mémoires et de Notes, que j'ai cité plus haut.

α, β, γ, que je viens de nommer ρ, en différentielles partielles de la distance des deux portions infiniment petites de courans électriques que l'on considère, je crois devoir d'abord expliquer cette transformation.

Soit BM et $B'M'$ (pl. 1, fig. 14), deux lignes représentant des fils conducteurs, et qui seront en général deux courbes à double courbure; supposons que S et S représentent les arcs BM et $B'M'$, comptées depuis les points fixes B et B', $Mm = ds$, $M'm' = ds'$, seront deux portions infiniment petites de ces conducteurs, et leurs directions seront déterminées par les deux tangentes MT et $M'T'$: en nommant r la distance MM', r sera évidemment une fonction des deux variables indépendantes s et s'; si l'on abaisse des points m, m', les perpendiculaires me, $m'e'$, sur MM', qui pourront être considérées comme de petits arcs de cercles décrits respectivement des centres M' et M, et qu'on prenne les angles α et β, de manière qu'ils aient leur ouverture tournée du même côté, comme je l'ai supposé dans le calcul de la valeur de ρ, l'angle α étant pris, par exemple, entre la direction MT de Mm et le prolongement MK de $M'M$, l'angle β devra l'être entre la direction $M'T'$ de $M'm'$ et la ligne $M'M$ elle-même, on aura donc ces deux équations :

$$\cos. \alpha = \frac{dr}{ds},$$

$$\cos. \beta = -\frac{dr}{ds'},$$

parce que le point M' reste fixe quand s varie seul dans la fonction r, et le point M quand c'est s'; on tire de-là,

$$\cos.\alpha \cos.\beta = -\frac{dr}{ds} \cdot \frac{dr}{ds'} \text{(1)}.$$

En différenciant la valeur de cos. β par rapport à s, on trouve :

$$\frac{d\beta}{ds}\sin.\beta = \frac{d^2 r}{ds\,ds'};$$

mais quand le point M est transporté en m et que s devient par conséquent $s+ds$, l'angle β diminue évidemment, tant que l'angle γ des deux plans $M'MT$, $MM'T'$, est aigu, d'une quantité qui est la projection de l'angle $MM'm$ sur le plan $MM'T'$; et comme cet angle est infiniment petit, on a :

$$d\beta = -MM'm \cos.\gamma;$$

valeur qui s'applique aussi au cas où γ est un angle obtus, parce qu'alors β augmente avec s.

Mais l'angle $MM'm$ a pour mesure :

$$\frac{me}{MM'} = \frac{ds \sin.\alpha}{r};$$

---

(1) On trouverait :

$$\cos.\alpha \cos.\beta = \frac{dr}{ds} \cdot \frac{dr}{ds'},$$

si l'on prenait pour α et β les angles $M'MT$, $MM'T'$, dont les ouvertures sont tournées en sens contraires; mais le résultat du calcul ne serait point changé parce que ce changement de signe de cos. α cos. β entraînerait celui de la valeur de k quand on déterminerait k, et donnerait par conséquent la même valeur pour

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + k \cos.\alpha \cos.\beta.$$

ainsi,

$$\frac{d\beta}{ds} = - \frac{\sin.\alpha \cos.\gamma}{\gamma};$$

d'où il suit que :

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma = - r \frac{d^2 r}{ds\, ds'}.$$

En substituant ces valeurs de sin. α sin. β cos. γ et de cos. α cos. β dans celle de ρ, on obtient :

$$\rho = - \left(r \frac{d^2 r}{ds\, ds'} + k \frac{dr}{ds} \cdot \frac{dr}{ds'} \right) =$$

$$- r^{1-k} \left(r^k \frac{d^2 r}{ds\, ds'} + k r^{k-1} \frac{dr}{ds} \cdot \frac{dr}{ds'} \right) =$$

$$- r^{1-k} \frac{d\left(r^k \frac{dr}{ds'}\right)}{ds} = - \frac{r^{1-k}}{1+k} \cdot \frac{d^2 (r^{1+k})}{ds\, ds'}.$$

Comme c'est la quantité

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + k \cos.\alpha \cos.\gamma,$$

que nous avons représentée par ρ, on a cette formule de trigonométrie analytique qui pourrait peut-être recevoir d'autres applications :

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + k \cos.\alpha \cos.\beta = - \frac{r^{1-k}}{1+k} \cdot \frac{d^2 (r^{1+k})}{ds\, ds'}.$$

Si l'on y suppose $k = 1$, elle devient :

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + \cos.\alpha \cos.\beta = - \frac{d^2 \left(\frac{r^2}{2}\right)}{ds\, ds'};$$

et si l'on représente par x, y, z, trois coordonnées rectangulaires du point M, et par x', y', z', celles du

point M' rapportées aux mêmes axes, x, y, z, varieront seules avec s, et x', y', z' avec s', d'où il suit, à cause de

$$\frac{r^2}{2} = \frac{(x'-x)^2+(y'-y)^2+(z'-z)^2}{2},$$

que

$$\frac{d\left(\frac{r^2}{2}\right)}{ds'} = (x'-x)\frac{dx'}{ds'} + (y'-y)\frac{dy'}{ds'} + (z'-z)\frac{dz'}{ds'},$$

et que

$$\frac{d^2\left(\frac{r^2}{2}\right)}{ds\,ds'} = -\frac{dx}{ds}\frac{dx'}{ds'} - \frac{dy}{ds}\frac{dy'}{ds'} - \frac{dz}{ds}\frac{dz'}{ds'};$$

on aura donc :

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + \cos.\alpha \cos.\beta = \frac{dx}{ds}\frac{dx'}{ds'} + \frac{dy}{ds}\frac{dy'}{ds'} + \frac{dz}{ds}\frac{dz'}{ds'},$$

qui est évidemment la valeur du cosinus de l'angle formé par les directions de Mm et de $M'm'$; le cosinus de cet angle se trouve ainsi égal à

$$\sin.\alpha \sin.\beta \cos.\gamma + \cos.\alpha \cos.\gamma;$$

ce qui est d'ailleurs évident par le principe fondamental de la trigonométrie sphérique. Si l'on nomme i et i' les actions exercées à la distance 1 dans la situation où

$$\alpha = \beta = \frac{\pi}{2} \text{ et } \gamma = 0,$$

ce qui donne $\rho = 1$, par deux portions des fils conducteurs BM et $B'M'$ égales à l'unité de longueur, sur une portion égale à la même unité d'un troisième conducteur dont l'énergie électro-dynamique soit prise pour l'unité des énergies respectives des divers conducteurs,

et qu'on désigne par n l'exposant de la puissance de la distance de deux portions infiniment petites de conducteurs, à laquelle leur action mutuelle est réciproquement proportionnelle quand cette distance varie seule, il sera aisé de voir, d'après ce que j'ai donné sur ce sujet dans le Cahier de septembre du *Journal de Physique* et dans le Recueil cité plus haut, pag. 225 et suivantes, que les intensités d'action des deux petites portions de conducteurs que j'ai nommées g et h dans la note du *Journal de Physique*, seront représentées ici, à cause que leurs longueurs sont ds et ds', par $i\,ds$ et $i'\,ds'$, et que leur action mutuelle le sera par

$$\frac{\rho\, i\, i'\, ds\, ds'}{r^n},$$

l'exposant n étant égal à 2, si cette action est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse du carré de la distance, comme je l'ai admis dès mes premiers travaux sur les phénomènes électro-dynamiques, en me fondant, à la vérité, plutôt sur l'analogie que sur des preuves directes.

En remplaçant dans cette expression la fonction ρ par ses valeurs trouvées ci-dessus, elle devient :

$$-r^{1-k-n}\,\frac{d\left(r^k\,\dfrac{dr}{ds'}\right)}{ds}\; i\,i'\,ds\,ds',$$

ou

$$-\frac{r^{1-k-n}}{1+k}\cdot\frac{d^2\,(r^{1+k})}{ds\,ds'}\; i\,i'\,ds\,ds'.$$

Si l'on désigne, conformément à une notation employée dans divers ouvrages, et notamment dans le *Traité de*

Mécanique de M. Poisson (tome 1, art. 171), par dr la différentielle de la distance r relative au déplacement du point M, et par $d'r$ la différentielle de la même distance relative au déplacement du point M', en sorte que ce qui, d'après la notation ordinaire, est exprimé par

$$\frac{dr}{ds}\,ds,$$

le soit par dr, que ds' soit remplacé par $d's'$, et que

$$\frac{dr}{ds'}\,ds'$$

le soit par $d'r$, on pourra écrire ces deux valeurs ainsi :

$$-\,ii'r^{1-n-k}\,d(r^k d'r),$$

$$-\,\frac{ii'r^{1-n-k}\,dd'\,(r^{1+k})}{1+k}:$$

On pourra se servir de celle de ces deux valeurs qui, dans chaque cas particulier, conviendra mieux au but qu'on se propose; la première est la plus commode dans le cas où je m'en suis servi pour déterminer la relation entre n et k qui résulte de ma nouvelle expérience. Pour se servir de cette formule, on calculera la valeur de r en fonctions des six coordonnées des deux points M et M', soit que ces coordonnées soient trois droites perpendiculaires, ou deux droites et un angle, ou deux angles et une droite, et on en déduira, par de simples différentiations, les valeurs des différentielles partielles de r qui entrent dans la formule, en ayant soin de ne faire varier que les trois coordonnées du point M dans les

différentiations marquées par le signe d, et que celles du point M' dans les différentiations que représente le signe d'.

Un des avantages de la valeur que nous venons de trouver pour ρ consiste à ce qu'on peut n'exécuter, relativement aux coordonnées qu'on a choisies, que la différentiation relative au changement de position d'un des points M ou M', et se contenter d'indiquer l'autre, ce qui simplifie beaucoup les calculs dans certains cas, comme on le verra quand je déterminerai la valeur de k d'après le fait nouveau que j'ai observé et qui me reste à expliquer.

Ce fait peut être énoncé ainsi :

Un circuit fermé circulaire ne peut jamais produire de mouvement continu toujours dans le même sens, en agissant sur un conducteur mobile d'une forme quelconque qui part d'un point de la perpendiculaire élevée sur le plan de ce circuit par le centre du cercle dont il forme la circonférence et qui se termine à un autre point du même axe, lorsque le conducteur mobile ne peut se mouvoir qu'en tournant autour de cet axe.

Pour s'en assurer par l'expérience, on adapte à la tige TT' (fig. 16) une coupe annullaire O qui est isolée de la tige par un tube de verre Mm, et qui communique avec la coupe S'' par l'équerre en cuivre NnS''.

La spirale représentée figure 2, à l'aide de laquelle on produit le mouvement continu dans l'appareil (fig. 1), plonge par ses deux extrémités dans les coupes S'' et S'''. Le conducteur mobile appuyé par la pointe K dans la coupe S' se compose de deux parties $KFGH$ et $KEDB$ égales et semblables pour que la terre n'agisse pas sur ce conducteur; elles sont réunies par un cercle BH con-

centrique à la tige TT' : à ce cercle est attachée une pointe A qui plonge dans le mercure de la coupe O. On établit les communications en plongeant, par exemple, le fil positif dans S et le fil négatif dans S'''; le courant se partage alors entre les deux directions $STKEDBAONS''$ et $STKFGHAONS''$; arrivé ainsi dans la coupe S'', il parcourt la spirale $LL'L''$ (fig. 2), et se rend dans la coupe S''' (fig. 16), où l'on fait plonger l'appendice $L'''M'''$ (fig. 2), et qu'on met en communication avec l'extrémité négative de la pile en y faisant aussi plonger le fil conducteur qui vient de cette extrémité. Tout étant ainsi disposé, le conducteur mobile $BDEFGH$ ne tourne plus d'une manière continue comme celui de la fig. 1, mais il ne prend aucun mouvement ou bien il oscille autour d'une position d'équilibre stable. On s'assure aisément que l'action serait complètement nulle si la spirale était construite avec une parfaite régularité; mais comme il est difficile qu'il en soit ainsi, on voit varier la position d'équilibre avec les irrégularités de la spirale, et en faisant un peu changer la forme de la spirale, en la pressant avec la main, on a une nouvelle position d'équilibre; mais, dans aucun cas, on ne peut produire de mouvement continu (1). Il convient, pour que les actions des portions ST, nS, sur le conducteur mobile se détruisent mutuellement, que, quand on fait

(1) J'ai trouvé depuis, dans des expériences faites avec M. Auguste de La Rive, et que j'ai communiquées à l'Académie royale des Sciences le 16 septembre dernier, que l'action était également nulle lorsqu'on remplaçait le conducteur spiral faisant plusieurs tours, chacun d'une circonférence entière, par un conducteur en demi-cercle dont, à chaque tour, la portion qui agissait sur le conducteur mobile ne for-

cette expérience, ces deux portions soient placées l'une au-dessous de l'autre, et que leur distance soit la plus petite possible.

Considérons maintenant un courant circulaire horizontal dirigé en M' (fig. 15) suivant la tangente $M'T'$, et agissant sur une portion infiniment petite d'un conducteur mobile BM, assujetti à tourner autour de la verticale AZ passant par le centre A du cercle dont le courant horizontal parcourt la circonférence, et dont nous nommerons le rayon a, AZ étant pris pour axe des z, la verticale MN sera l'ordonnée z du point M, prenons pour les deux autres coordonnées de ce point la distance $AN = u$, et l'angle $XAN = t$, en nommant t' l'angle XAM', on aura évidemment :

$$r^2 = \overline{MN}^2 + \overline{NM'}^2 = z^2 + a^2 + u^2 - 2\,au\cos.(t' - t),$$

expression où t' varie seul quand le point M' se déplace, en sorte que

$$d'r = \frac{aud't'\sin.(t' - t)}{r},$$

et que l'action d'une portion infiniment petite du courant horizontal située en M' sur une portion infiniment petite du conducteur BM située en M, est représentée par

$$-aii'r^{1-n-k}\,d't'd\left(r^{k-1}u\sin.(t'-t)\right),$$

mait qu'une demi-circonférence. L'action pour faire tourner ce dernier conducteur, toujours dans le même sens, étant nulle, quelque fût sa position relativement au diamètre servant de corde au demi-cercle, il est évident que la même chose aurait lieu pour un conducteur formant un arc de cercle quelconque, ainsi que je l'ai supposé dans le calcul qui donne la relation entre n et k.

si on décompose cette force suivant la ligne MO perpendiculaire au plan $AMNK$, et qu'on abaisse du point M' sur le rayon ANK la perpendiculaire $MK = a \sin. (t' - t)$, qui sera évidemment parallèle à MO, il faudra, pour avoir la composante suivant MO, multiplier la force suivant MM', dont nous venons de trouver la valeur par

$$\frac{M'K}{MM'};$$

ce qui donnera :

$$-a^2 i i' d' t' r^{-n-k} \sin. (t' - t) d \left\{ r^{k-1} u \sin. (t' - t) \right\};$$

en multipliant cette quantité par la distance $MQ = u$ du point M à l'axe AZ, on aura, pour le moment de rotation :

$$-a^2 i i' d' t' r^{-n-k} u \sin. (t' - t) d \left\{ r^{k-1} u \sin. (t' - t) \right\}:$$

telle est l'action exercée par le petit axe ds' du conducteur fixe horizontal pour faire tourner le petit arc ds du conducteur mobile autour de cet axe; en l'intégrant relativement aux différentielles désignées par d, on aura cette action telle qu'elle est exercée par le petit arc ds' sur tout le conducteur mobile : or, d'après l'expérience qui prouve que cette action est nulle toutes les fois que ses deux extrémités sont dans l'axe, il faudra que l'intégrale soit nulle toutes les fois qu'elle sera prise entre deux limites pour lesquelles $u = o$, quelle que soit d'ailleurs la forme du conducteur mobile et sa position relativement au petit arc ds' situé en M', c'est-à-dire, quelles que soient les valeurs de r et de t en fonctions de u qu'il

faudrait subsituer à r et à t pour intégrer de $u=o$ à $u=o$, si cette quantité n'était pas une différentielle exacte par rapport aux trois quantités r, t, u, qui varient avec la position du point M : or, on sait que pour que la valeur d'une intégrale soit ainsi indépendante des relations des variables qui y entrent, et reste toujours la même entre les mêmes limites, il faut qu'elle se présente sous la forme d'une différentielle exacte entre ces variables considérées comme indépendantes, ce qui ne peut avoir lieu ici à moins qu'on n'ait :

$$k-1=-n-k,$$

ou

$$k=\frac{1-n}{2}.$$

Telle est la relation que l'expérience démontre exister entre k et n. Quand $n=2$, on a $k=-\frac{1}{2}$, mais quelle que soit la force des analogies qui portent à penser que n est en effet égal à 2, on n'en a aucune preuve déduite directement de l'expérience, puisque toutes les expériences faites à ce sujet l'ont été en faisant agir un conducteur voltaïque sur un aimant, et ne s'appliquent par conséquent que par une extension qu'on ne peut regarder comme une démonstration complète, à l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de courans électriques.

La relation ci-dessus donne :

$$n=1-2k;$$

ce qui réduit la valeur de cette action à

$$-ii'r^k d(r^k d'r),$$

ou à

$$-\frac{ii' r^k dd' \left(r^{1+k}\right)}{1+k}.$$

Le 24 juin, je lus une note additionnelle à ce Mémoire, où je tirai de ma formule mise sous cette forme deux résultats remarquables : le premier s'obtient en décomposant la force que l'élément ds exerce sur l'élément ds', dans la direction de ce dernier, en la multipliant par

$$\cos.\beta = -\frac{d' r}{d' s'};$$

ce qui donne

$$\frac{ii'}{d' s'} r^k d' r d \left(r^k d' r\right),$$

dont l'intégrale, par rapport à d, est :

$$\frac{ii' \left(r^k d' r\right)^2}{2 d' s'} + c = \tfrac{1}{2} ii' r^{2k} d' s' \cos.^2 \beta + c,$$

qu'il faut prendre entre les limites marquées par les deux extrémités du conducteur BM. Si ce conducteur forme un circuit complètement fermé, les valeurs de r et de $\cos.\beta$ seront les mêmes aux deux limites, puisque ces limites se trouveront au même point, et l'intégrale sera par conséquent nulle, d'où il suit que la résultante de toutes les actions exercées par un circuit fermé sur une petite portion de conducteur est toujours perpendiculaire à la direction de cette petite portion. Je remarquai, à ce sujet, qu'il en devait être de même d'un assemblage quelconque de circuits fermés, et par conséquent d'un aimant, lorsqu'on le considère comme tel, conformé-

ment à mon opinion sur la cause des phénomènes magnétiques, et c'est en effet ce qui résulte de plusieurs expériences dues à divers physiciens.

Le second résultat consiste en ce que la valeur de k étant négative, l'expression de l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de courans voltaïques,

$$\frac{i\,i'\,(\sin.\,\alpha\,\sin.\,\beta\,\cos.\,\gamma + k\,\cos.\,\alpha\,\cos.\,\beta)}{r^n},$$

devient négative quand on suppose que les deux angles α et β tournés du même côté sont nuls, en sorte que les deux petites portions doivent se repousser quand elles se trouvent sur une même droite, et qu'elles sont dirigées vers le même point de l'espace; j'en tirai cette conclusion que toutes les parties d'un même courant rectiligne se repoussent mutuellement, que c'était probablement la cause des effets connus du moulinet électrique, qu'ainsi ces effets devaient être considérés comme le premier phénomène électro-dynamique observé, et qu'on ne devait plus les expliquer comme on le fait communément.

Quoique les deux petites portions de courans électriques ne soient alors dirigées dans le même sens qu'en apparence, et qu'on doive plutôt les considérer comme parcourant en sens contraire les deux côtés d'un angle de 200°, la répulsion, dans ce cas, était une chose si inattendue qu'il était nécessaire de la vérifier; j'en ai depuis fait l'expérience avec M. Auguste de La Rive, et elle a complètement réussi.

La répulsion a lieu en effet entre un courant établi dans le mercure, et ce même courant prolongé dans un fil

conducteur flottant, soit qu'il passe du mercure dans le fil ou du fil dans le mercure, en sorte qu'il est impossible d'attribuer ce phénomène, parfaitement semblable à celui du moulinet électrique, excepté que l'air est ici remplacé par le mercure, aux causes auxquelles on l'a attribué jusqu'à présent dans le seul cas où on l'avait observé, celui où il a lieu dans l'air.

NOTE *sur un Alliage natif de nickel et d'antimoine.*

PAR M. VAUQUELIN.

IL y a quelques mois, M. Abel, fils du chargé d'affaires des villes Anséatiques près le Gouvernement français, et qui conduit des forges dont il est propriétaire dans les Pyrénées, me remit un minerai qu'il regardait, à cause de son apparence extérieure, comme une mine de cuivre, pour que je le soumisse à l'analyse chimique et en déterminasse la quantité de cuivre.

Cette mine présentait les propriétés suivantes : sur un fond blanc formé de quartz calcarifère, était disséminée par petites masses une matière d'un rouge rosé, assez semblable à certains alliages de cuivre et d'antimoine ; on y remarquait aussi quelques cristaux de zinc et de plomb sulfurés.

Une portion de ce minerai réduite en poudre et traitée par l'acide nitrique communiqua à celui-ci une couleur verte qui sembla confirmer l'opinion de M. Abel sur la

nature de ce minéral ; mais les épreuves auxquelles nous soumîmes la dissolution nous apprit bientôt qu'au lieu de cuivre c'était du nickel qui la colorait : nous y trouvâmes aussi une petite portion d'argent.

L'examen du résidu nous fit connaître qu'il était composé d'oxide d'antimoine, de quartz et de soufre, provenant sans doute des petites portions de blende et de galène que nous avions reconnues à l'inspection de la mine.

La dissolution contenait aussi du fer, et sans doute un peu de zinc. L'expérience suivante nous confirma dans l'opinion où nous étions sur l'existence de l'antimoine dans la mine dont il s'agit.

Une partie de cette mine pulvérisée fut distillée avec trois parties de deuto-chlorure de mercure, et bientôt nous vîmes paraître dans le col de la cornue des vapeurs blanches qui se condensèrent en un liquide blanc qui se figea par le refroidissement. La difficulté de ramasser exactement et sans perte cette matière ne nous permit pas d'en déterminer le poids. Cette matière, mise avec de l'eau, la blanchit aussitôt et laissa précipiter une véritable poudre d'Algaroth. La liqueur, éclaircie, donna avec l'acide hydro-sulfurique un précipité jaune parfaitement semblable au soufre doré d'antimoine : il y avait aussi dans cette eau une petite quantité de muriate de zinc.

La matière restée dans la cornue avait une couleur jaune brune ; l'eau avec laquelle on la fit bouillir n'en tira qu'une légère couleur verte ; mais en y ajoutant une petite quantité d'acide nitrique, la dissolution s'opéra

promptement, et il ne resta qu'une poudre blanche qui était du quartz.

Le nickel s'étant jusqu'ici rencontré avec l'arsenic et le cobalt, nous fîmes sur cette mine quelques expériences pour découvrir ces deux métaux.

D'abord, nous la soumîmes au feu du chalumeau, et nous remarquâmes qu'elle se fondait et exhalait d'abondantes vapeurs blanches; mais ces vapeurs n'avaient nullement l'odeur de l'arsenic.

Cette opération, répétée plus en grand dans un test à rôtir, ne nous a pas davantage dénoncé la présence de l'arsenic. Quant au cobalt, nous en avons trouvé une petite quantité en employant les procédés réunis de MM. Tuputy et Laugier, lesquels consistent, comme on sait, à précipiter la dissolution nitrique de cette mine par le carbonate de potasse, à traiter ensuite le précipité lavé au moyen de l'acide oxalique, et à dissoudre celui-ci bien lavé dans l'ammoniaque. Cette dissolution, exposée à l'air, dépose, à mesure que le dissolvant s'évapore, l'oxalate ammoniaco de nickel, et la liqueur retient le cobalt, qui lui donne une couleur rose plus ou moins foncée, suivant la quantité du métal.

La proportion de cobalt contenue dans cette mine, quoique petite, est cependant suffisante pour donner après le grillage une couleur bleue assez intense au verre avec lequel on la fond.

Par ces différens essais, nous avons donc trouvé dans la mine dont il s'agit, 1° de l'antimoine, 2° du nickel uni à l'antimoine à l'état d'alliage, 3° du cobalt également combiné avec les deux précédens, 4° du sulfure de zinc et du sulfure de plomb isolés et faciles à distin-

guer à l'œil, 5° du fer ; le tout dans une gangue quartzeuse calcarifère.

Tel était le résultat de ces recherches lorsqu'il se présenta, le mois de juin dernier, une occasion de confirmer ces premiers essais.

Un maître de forge également établi dans les Pyrénées chargea M. Gourgon de me remettre un échantillon d'un minerai absolument semblable au précédent par ses caractères physiques, pour savoir s'il ne serait pas possible de tirer un parti avantageux du cobalt qu'il soupçonnait y être contenu. Après s'être assuré que ces deux mines se ressemblaient parfaitement par les caractères extérieurs, on soumit le dernier échantillon à différens essais.

Un fragment chauffé au chalumeau sans addition de fondant laisse dégager d'abondantes vapeurs blanches sans odeur, alliacées et ayant tous les caractères des vapeurs antimoniales ; la matière passe au jaune citrin sans éprouver aucun signe de fusion. Si on ajoute du borax au fragment que l'on chauffe, ce dernier ne prend aucune couleur.

Une partie de cette mine réduite en poudre fine et mêlée avec de la crême de tartre fut chauffée à la flamme du chalumeau ; elle bouillonna et présenta des globules métalliques qui, frappés légèrement, se brisèrent en petits fragmens cristallins. Ces globules, chauffés séparément au chalumeau, se volatilisèrent en fumées blanches inodores, en ne laissant aucun résidu : ils avaient donc tous les caractères de l'antimoine.

Une partie de cette mine calcinée dans un test de porcelaine laisse dégager des vapeurs très-sensibles d'acide sulfureux : le résidu est d'un jaune sale.

Ayant fait agir de l'acide nitrique sur cette mine réduite en poudre fine, on obtint une dissolution de couleur verte, mais sur laquelle le muriate de soude ne produisit aucun effet sensible. Nous répétâmes cette expérience à plusieurs reprises et sur plusieurs morceaux différens sans obtenir de résultat plus heureux. Ainsi il est bien certain que dans cet échantillon il n'y a point d'argent; ce en quoi il diffère du premier, dans lequel nous avons trouvé une petite quantité de ce métal. Comme le plomb et l'argent s'accompagnent presque toujours à la manière du nickel et du cobalt, nous cherchâmes dans ce morceau l'existence du plomb, et l'analyse ne put en faire découvrir la moindre trace.

On fit plusieurs tentatives pour estimer aussi rigoureusement que possible la proportion de chacune des parties constituantes de cette mine; ainsi on la traita successivement par l'acide nitrique, par le deuto-chlorure de mercure et par l'eau régale. Mais on s'aperçut bientôt, par le peu de correspondance qu'il y avait entre les différentes analyses, quoique faites avec soin, que les proportions du sulfure de zinc et de la gangue étaient très-variables dans les diverses parties de cette mine, et s'opposèrent ainsi à une analyse exacte.

Toutefois, parmi les différens moyens employés, le plus court et le plus rigoureux nous a paru le suivant: après avoir réduit la mine en poudre fine dans un mortier d'agate, on en prenait une quantité déterminée que l'on traitait par l'eau régale à l'aide de la chaleur; la dissolution du minéral avait lieu en presque totalité: le soufre, qui se rassemblait ordinairement en grumeaux

lorsqu'on n'employait que l'acide nitrique simple, était complètement brûlé dans cette expérience.

Dès que la dissolution était achevée, on précipitait le tout par le carbonate de potasse, on faisait bouillir quelques instans, on filtrait, lavait le précipité et on le reprenait par l'acide nitrique; tous les autres métaux se dissolvaient et l'antimoine restait à l'état de peroxide. Lorsqu'on avait fait bouillir, on filtrait de nouveau, on saturait l'excès d'acide et on séparait le nickel du cobalt par les méthodes réunies de MM. Tuputy et Laugier.

Le zinc se retrouvait dans les eaux-mères qui surnageaient l'oxalate double de nickel et d'ammoniaque.

On avait estimé la quantité de soufre contenue dans cette mine en en brûlant une partie réduite en poudre fine par le moyen du nitrate de potasse : cette expérience, répétée plusieurs fois, donna constamment 17 $\frac{0}{0}$ de soufre.

Quant à l'oxide d'antimoine, nous avons trouvé que sa proportion éprouve beaucoup de variation; cependant, dans plusieurs essais, 5 grammes de matière nous donnèrent constamment 0,90 d'oxide d'antimoine jaune.

Le nickel est très-sujet à varier aussi : souvent 5 grammes nous donnèrent 0,90 d'oxide de nickel, quelquefois plus et jamais moins; ainsi, ce métal et l'antimoine paraissent être alliés à parties égales.

Pour le cobalt, il ne se trouve qu'en quantité très-petite dans le second échantillon. Une première expérience faite trop en petit avait d'abord fait croire que ce métal ne faisait point partie de la mine; mais ayant ensuite opéré sur une plus grande masse, on retrouva ce

métal : peut-être, un jour, trouvera-t-on le nickel et le cobalt en combinaisons séparées, et cette mine serait le premier échelon qui y conduirait. Dans tous les cas, elle n'en est pas moins curieuse comme offrant le premier exemple d'un alliage naturel de nickel, cobalt et antimoine sans arsenic.

La quantité de soufre qui se trouve dans ce minerai paraissant un peu trop considérable pour qu'elle fût unie en totalité avec le zinc, je soupçonne qu'une partie peut se trouver en combinaison avec le nickel et l'antimoine; au moins l'alliage artificiel de ces deux métaux ne m'a point donné la couleur rouge cuivreuse qui le distingue dans la mine.

NOUVEAUX DÉTAILS *sur les actions magnétiques du fer et de l'acier incandescens.*

LE Mémoire dans lequel M. Barlow a donné les résultats de ses expériences nous étant enfin parvenu, nous pouvons ajouter quelques nouveaux détails à ceux que renfermait notre premier extrait. (*Voyez* le Cahier de mai, page 107.)

M. Barlow fait d'abord remarquer que les contradictions qui existent dans les écrits de plusieurs physiciens, relativement à l'action magnétique du fer échauffé, tiennent, suivant toute apparence, à ce qu'on n'a pas toujours opéré au même degré de chaleur. Le Père Kircher, par exemple, qui annonce que le fer agit sur un aimant aussi fortement à chaud qu'à froid, n'avait certainement

élevé la température du métal que jusqu'au *rouge ;* tandis que Newton l'avait portée au *blanc,* puisqu'il affirme, au contraire, que le fer chaud a perdu toute vertu magnétique.

Les barres de fer dont M. Barlow s'est servi étaient, comme nous l'avons déjà dit, des parallélipipèdes de 25 pouces de long sur 1 pouce $\frac{1}{4}$ de côté. On les plaçait dans le méridien magnétique, sous l'angle de l'aiguille d'inclinaison.

Pour les premières expériences de M. Barlow, la boussole horizontale sur laquelle on voulait mesurer les changemens d'action était située à l'ouest de la barre, un tant soit peu au-dessous de son extrémité et à 6 $\frac{1}{2}$ pouces de distance : à la chaleur blanche, le barreau n'exerçait sur la boussole aucune action sensible ; à la chaleur rouge de sang, l'aiguille était déviée de 70° ; mais on n'aperçut ici aucune trace de l'action contraire dont nous avons parlé dans le précédent extrait.

L'auteur souleva alors le barreau de telle sorte que son extrémité se trouva élevée de 4 pouces au-dessus du plan de la boussole. Dans cette nouvelle position, il y eut, comme dans la précédente, absence totale d'action à la température du rouge blanc ; action très-intense, mais à la manière ordinaire du fer, quand le barreau, en se refroidissant, fut devenu rouge de sang ; et action *contraire* qui produisit une déviation de 4° $\frac{1}{2}$ à une température intermédiaire entre les deux précédentes. La déviation de 4° $\frac{1}{2}$ dura environ deux minutes.

Une ascension de 4 pouces dans le barreau ayant été la cause d'un effet si marqué, il devint naturel d'essayer ce que produirait un mouvement plus grand encore. Le

barreau, chauffé au blanc, fut placé de nouveau dans le méridien magnétique et sous l'inclinaison de l'aiguille; son extrémité supérieure était à 6 pouces de la boussole horizontale. D'abord il n'y eut pas d'action; ensuite l'aiguille fut *repoussée* de $10^\circ\frac{1}{2}$; elle demeura dans cet état pendant deux minutes, après quoi, cédant tout-à-coup à l'action ordinaire du fer, elle fit en sens contraire un mouvement de 81°. Dans l'extrémité inférieure du barreau, on observait des phénomènes analogues.

Il résulte de ces expériences que l'action anomale présentée par un barreau, quand il est à une température intermédiaire entre le rouge blanc et le rouge de sang, a encore ce caractère bizarre, qu'elle augmente à mesure qu'on se rapproche du centre du barreau; tandis qu'à une basse température, l'action d'une barre de fer, dans les mêmes circonstances, irait toujours en s'affaiblissant. M. Barlow a constamment observé que si la boussole est placée à la hauteur du centre de la barre, chauffée jusqu'aux températures anomales, il suffit du plus léger déplacement pour que la déviation change de valeur et de signe.

La durée des expériences était d'un quart d'heure. La chaleur blanche se maintenait trois minutes; ensuite les actions anomales se manifestaient et transportaient l'aiguille, suivant les cas, à 15°, 20°, 30° ou même 50° de sa position naturelle; deux minutes après, on commençait à observer les effets de l'attraction ordinaire du fer. Quelquefois cette attraction atteignait subitement son *maximum*; dans d'autres circonstances, elle augmentait graduellement.

Des barres de cuivre chauffées aussi fortement que le

métal le comportait n'exerçaient aucune action sur la boussole. On ne peut donc pas supposer que la chaleur, dans ces expériences, agissait indépendamment du fer auquel elle était appliquée.

La seule explication probable qui se soit présentée à M. Barlow pour rendre compte des anomalies qu'il a remarquées, consiste à supposer que, durant le refroidissement des barreaux, les extrémités où ce refroidissement est le plus rapide deviennent magnétiques avant tout le reste du métal, et qu'il doit résulter de là un genre d'action assez complexe. L'auteur croit néanmoins qu'une théorie basée sur cette seule considération ne satisfera pas à toutes les circonstances du phénomène.

ANALYSE *du phosphate d'ammoniaque et de soude et du sulfate des mêmes bases.*

PAR M. ANATOLE-RIFFAULT.

M. MITSCHERLICH, dans son intéressant Mémoire sur les formes cristallines, a établi la composition du phosphate d'ammoniaque et de soude, moins par une analyse rigoureuse que d'après des considérations théoriques, puisque des quatre élémens dont il est formé, deux ont été déterminés par le calcul, et suivant des lois sur la composition des sels doubles qu'un assez grand nombre d'exemples n'a pas encore pleinement

établies. Les nombres anciennement donnés (1) pour représenter ce sel se trouvant en contradiction manifeste avec sa manière de se comporter au feu, m'avaient engagé depuis quelque temps à le soumettre à un nouvel examen ; et la coïncidence entre les résultats de M. Mitscherlich et ceux de mon analyse venant à l'appui de leur exactitude, je pense qu'il est utile de les faire connaître, étant un exemple de plus de la loi qu'on a supposée.

On a préparé une assez grande quantité de phosphate d'ammoniaque et de soude en employant la méthode indiquée par M. Berzelius (2), et qui consiste dans le mélange à chaud de phosphate de soude et d'hydrochlorate d'ammoniaque : le sel double se dépose par refroidissement en beaux prismes, et on l'obtient parfaitement pur à l'aide de plusieurs cristallisations successives, en ayant soin, à chacune d'elles, d'ajouter à la liqueur de l'ammoniaque, dont le sel abandonne toujours une petite portion quand on le fait dissoudre dans l'eau chaude. Ce produit ayant été obtenu bien pur, on le laissa sécher à l'air libre sur des doubles de papier à filtrer.

Le phosphate double d'ammoniaque et de soude ainsi obtenu, chauffé jusqu'au rouge dans un creuset de platine, et maintenu pendant une bonne demi-heure à cette température, a perdu, dans trois calcinations successives, sur 100 parties :

---

(1) *Annales de Chimie*. T. VII.

(2) *Emploi du chalumeau*. 76.

51,200
50,401
50,302

dont la moyenne 50,634 représentera la quantité d'eau et d'ammoniaque contenue dans cette substance.

3^{gr},036 du même sel ont été dissous dans l'eau froide, et la dissolution précipitée par le chlorure de barium en excès. Après avoir traité le liquide par le sous-carbonate d'ammoniaque afin de séparer la baryte excédante, on a lavé le précipité jusqu'à épuisement total, et évaporé à siccité toutes les eaux de lavage réunies. Le résidu de cette évaporation, calciné au rouge, a laissé 0^{g},85 de chlorure de sodium, représentant 0^{g},453 de soude.

Dans une seconde opération faite sur une pareille quantité, le chlorure de sodium fut transformé en sulfate de soude dont le poids s'est trouvé de 1^{g},002 contenant 0^{g},450 de soude pure.

La moyenne de ces deux expériences indique, dans 100 p. de sel double, 14,875 de soude.

Pour déterminer l'ammoniaque, on a mêlé intimement 0^{g},5 de sel avec du peroxide de cuivre, et chauffé le tout dans un petit tube de verre avec les précautions ordinaires. Le gaz azote recueilli sur l'eau occupait un volume de 32,4 cent. cub. sous la pression de 75^{mm},65 de mercure et à la température de 20° : ce volume, ramené à la pression et à la température ordinaires, représente, en poids, 0^{g},0378 de gaz azote, équivalant à 0^{g},0461 d'ammoniaque ou 9,0 pour cent de sel.

Nous avons vu plus haut que 100 p. de sel laissent un résidu fixe qui s'élève à 49,366 p., et qu'il s'y trouve

14,875 p. de soude; par conséquent l'acide phosphorique est de 34,491 p., et le phosphate double contient, sur 100 p. :

Acide phosph.,	34,491		ou phosph. de soude,	31,999
Soude,	14,875		*id.* d'ammoniaque,	26,377
Ammoniaque,	9,000	50,634	eau,	41,634
Eau,	41,634			
	100,000			100,000

Si maintenant l'on cherche, d'après la théorie, quelle doit être la composition du phosphate d'ammoniaque et de soude, on verra que les nombres qui s'en approchent le plus indiquent :

1 atome de phosphate de soude neutre.	84,120	31,981
1 atome de phosphate d'ammoniaque..	66,480	25,274
10 atomes d'eau....................	112,430	42,745
	263,030	100,000

La coïncidence est aussi grande qu'on peut raisonnablement l'attendre dans des opérations qui comportent toujours quelques erreurs, et ce résultat est aussi celui auquel M. Mitscherlich est parvenu.

L'analyse du phosphate de soude et d'ammoniaque retiré de l'urine ou du sel *microcosmique*, donnée par Fourcroy, indique des nombres tellement différens de ceux-ci qu'il n'est pas douteux que ces deux sels constituent deux espèces distinctes ; et l'on en sera convaincu si l'on observe que les nombres donnés par ce chimiste coïncident presque exactement avec la supposition qu'il contient 1 atome de sous-phosphate de soude, 1 atome

de sous-phosphate d'ammoniaque et 3 atomes d'eau ; de sorte que par la calcination il se transforme en phosphate de soude neutre.

Sulfate de soude et d'ammoniaque.

L'ammoniaque, qui a une si grande tendance à former des sels doubles, donne lieu, avec le sulfate de soude, à l'un de ces composés qui s'obtient facilement par l'évaporation des deux sels mélangés. Ce sel cristallise en beaux cristaux bien déterminés, et qui ne s'effleurissent nullement dans l'air à la température ordinaire.

4g,98 de cette substance, séchés par une longue exposition à l'air libre, ont été dissous dans l'eau et précipités par une dissolution de chlorure de barium d'une force connue; la quantité de cette dissolution employée représentait, d'après son titre, 2g,280 d'acide réel ou 45,740 pour cent.

5,050 ont été soumis à l'action de la chaleur dans un creuset : la masse ne s'est point fondue d'abord, comme cela a lieu pour le sulfate de soude; ce qui prouve déjà qu'il contient moins d'eau de cristallisation : en augmentant la chaleur, l'ammoniaque s'est dégagée en abondance, puis l'acide sulfurique; et enfin, tout excès de ce dernier ayant été chassé par un bon coup de feu, il n'est plus resté que 2g,129 de sulfate de soude neutre ou 42,360 p. $\frac{0}{0}$.

Dans une seconde opération, 5,970 ont laissé 2,524 ou 42,298 p. $\frac{0}{0}$, dont la moyenne porte à 42,329 la quantité de sulfate de soude contenue dans 100 p. de sel double.

L'ammoniaque a été conclue, à la manière ordinaire,

de la quantité d'azote recueillie par la décomposition au moyen du peroxide de cuivre. 0^g,500 de sel ont produit, toutes réductions faites, 0^g,0396 en poids de gaz azote; représentant 0^g,04839 d'ammoniaque ou 9,678 pour cent.

Or, d'après les nombres proportionnels adoptés, 42,239 de sulfate de soude contiennent 18,550 de base; le sulfate double d'ammoniaque et de soude contient donc, d'après cette analyse :

Soude,	18,550	ou sulfate de soude,	42,239
Ammoniaque,	9,678	*id.* d'ammoniaq.,	31,729
Acide sulfurique,	45,740	eau,	26,032
Eau,	26,032		100,000

On voit donc que ce sel est formé de 1 atome de sulfate de soude, 1 atome de sulfate d'ammoniaque et 5 atomes d'eau; on trouve en effet dans cette hypothèse :

Soude, 1 atome,	39,092	18,016
Ammoniaque, 1 at.,	21,450	9,887
Acide sulfurique, 2 at.,	100,232	46,193
Eau, 5 at.,	56,215	25,904
	216,989	100,000.

Sur *la Fabrication du chlorure de chaux.*

Par le Dr Ure.

(*The quarterly Journal.* xiii. i. Extrait.)

L'appareil le plus simple pour combiner le chlore avec la chaux est une grande chambre de 8 à 9 pieds de hauteur, bâtie en pierre siliceuse, avec un ciment formé de poix, de résine et de plâtre sec, à parties égales. On pratique une porte à l'une de ses extrémités, et on lui fait tenir l'air par le moyen de bandes de drap et d'argile. Une fenêtre sur chaque côté de la chambre permet à l'opérateur de juger, d'après la couleur de l'air de la chambre, comment marche l'absorption du chlore, et lui donne un jour suffisant pour faire, dans son intérieur, au commencement de l'opération, les arrangemens nécessaires. Comme les luts à eau (*water-lutes*) sont de beaucoup supérieurs à tous les autres lorsque la pression est peu considérable, je recommande une grande soupape, sur ce principe, dans le haut de la chambre, et une ouverture, d'une largeur considérable, dans la partie inférieure de chaque mur de côté. Les trois couvercles qui les fermeraient pourraient être soulevés en même temps au moyen de cordes passant sur une poulie, sans obliger l'ouvrier d'approcher du gaz délétère pendant que la chambre est ouverte. On se procure un grand nombre de tablettes de bois, ou plutôt d'augets de 3 à 10 pieds de longueur, de 2 de largeur et de 1 pouce de profondeur, pour recevoir la chaux éteinte et en poudre fine, contenant environ pour

2 proportions de chaux, 3 proportions d'eau. Ces augets sont empilés l'un sur l'autre dans la chambre, à la hauteur de 5 ou 6 pieds, séparés d'un pouce par des traverses de bois, afin que le chlore puisse circuler librement sur la surface de la chaux.

L'alambic que l'on emploie pour produire le chlore est généralement à-peu-près sphérique : dans quelques cas, il est entièrement de plomb; mais, dans d'autres, il est formé de deux hémisphères réunis ensemble, le supérieur en plomb et l'inférieur en fonte. Le premier alambic est plongé jusqu'aux deux tiers, à partir de son fond, dans une boîte de plomb ou de fer, et l'espace libre de 2 pouces qui reste tout autour est destiné à recevoir la vapeur d'une chaudière voisine. Les alambics dont le fond est en fonte sont directement exposés à un feu modéré. Sur le bord supérieur de l'hémisphère en fonte est pratiquée une rainure dans laquelle s'engage le bord inférieur de l'hémisphère en plomb, et la jointure est lutée avec une pâte de chaux, d'argile et d'oxide de fer, calcinés séparément et réduits en poudre très-fine. Dans la partie supérieure de l'alambic, il y a quatre ouvertures fermées chacune par une soupape à eau. La première ouverture a environ 10 ou 12 pouces de diamètre, et est fermée par une soupape en plomb dont les bords recourbés plongent dans une rainure pratiquée sur le bord de l'ouverture et remplie d'eau; elle est destinée à introduire un ouvrier dans l'alambic pour réparer les dérangemens de l'appareil de rotation dont on va parler, et pour détacher les concrétions de sel qui se forment à son fond. La seconde ouverture est au centre du dôme : elle reçoit un tube de plomb qui descend

à-peu-près jusqu'au fond, et dans lequel passe un axe vertical dont l'extrémité intérieure porte des bras de fer ou de bois revêtus de plomb, par le mouvement rotatoire desquels on entretient le mélange d'acide sulfurique, de manganèse et de sel, dans un état uniforme. Le mouvement est imprimé de temps en temps à ce mécanisme ou par un homme, ou en faisant communiquer son axe avec une roue mue par l'eau ou par une machine à vapeur. La troisième ouverture pratiquée dans le dôme reçoit un entonnoir à siphon par lequel on introduit l'acide sulfurique, et la quatrième le tuyau qui conduit le gaz dans la chambre.

Les manufacturiers diffèrent beaucoup entre eux dans la proportion des matériaux qu'ils emploient pour produire le chlore. En général, on mêle 10 quintaux de sel avec 10 ou 14 d'oxide de manganèse, et 14 d'acide sulfurique concentré que l'on ajoute par portions successives après l'avoir mêlé avec de l'eau, de manière à lui donner une densité égale à 1,5.

Les tuyaux par lesquels le chlore sort des alambics communiquent avec un cylindre de plomb au moyen de soupapes à eau, et s'enfoncent un peu dans l'eau qu'il renferme afin que le gaz puisse se laver et se dépouiller de l'acide hydro-chlorique qu'il entraîne : de là, le chlore est porté par un large tube de plomb dans la partie supérieure de la chambre.

Il faut ordinairement quatre jours pour faire un bon chlorure de chaux. En employant moins de temps, on courrait le risque d'élever trop la température de la chambre, et de décomposer une partie du chlorure de

chaux. Mais les manufacturiers habiles emploient un procédé alternatif : ils commencent par empiler les augets en laissant un espace vide entre deux, dans chaque colonne. Au bout de deux jours, on arrête le dégagement du chlore et on ouvre la chambre. Deux heures après, l'ouvrier y entre pour placer dans les cases vides des augets couverts de chaux fraîche, et en même temps il retourne le chlorure à moitié formé des autres. La porte est alors refermée, on fait arriver de nouveau du chlore dans la chambre, et, au bout de deux jours, on l'ouvre pour retirer les premiers augets qui sont maintenant saturés de chlore; on les remplace par d'autres augets couverts de chaux fraîche, et on retourne le chlorure des seconds, et ainsi de suite.

Le manufacturier obtient généralement, avec une tonne de sel de roche, une tonne et demie de bon chlorure de chaux en poudre; mais il devrait en obtenir deux (1).

---

(1) Le Dr Ure a fait des recherches sur le chlorure de chaux, dont les résultats sont différens de ceux obtenus par d'autres chimistes. Nous ne les ferons point connaître dans ce moment, parce que M. Welter doit les discuter prochainement. R.

Sur *l'Analyse du laiton.*

Par Mr W. M. Keates.

(*Annals of Philosophy*, *new series.* III. 325. Extrait.)

La formule prescrite pour analyser le laiton consiste à dissoudre l'alliage dans l'acide nitrique étendu, et à faire ensuite bouillir la dissolution avec de la potasse caustique qui dissout l'oxide de zinc et laisse le cuivre. Cette méthode paraît avoir été dictée plutôt d'après la manière de se comporter de chaque oxide considéré isolément, que par des expériences directes; car, bien que l'alcali caustique dissolve rapidement l'oxide de zinc seul, il n'en prend néanmoins qu'une portion quand il se trouve mélangé avec l'oxide de cuivre. Les expériences suivantes suffiront, je pense, pour faire voir l'inexactitude de ce mode d'analyse.

Après avoir fait dissoudre dans l'acide nitrique étendu 100 p. de laiton et fait bouillir la dissolution avec de la potasse caustique en excès, on recueillit sur un filtre le précipité et on le chauffa au rouge : c'était de l'oxide de cuivre du poids de 111,5 part. La dissolution filtrée, traitée par l'acide muriatique et le carbonate de soude, produisit 14 p. d'oxide de zinc, représentant 11,2 de métal.

L'oxide de cuivre déjà précipité fut redissous dans l'acide sulfurique étendu, et on précipita le métal à l'aide de deux cylindres de fer bien polis. 100 d'oxide produisirent ainsi 62,5 de cuivre, et par conséquent les 111,5 représentent 70 de métal.

La dissolution d'où l'on avait séparé le cuivre fut, après qu'on en eut séparé le fer, traitée par l'acide muriatique, évaporée à siccité, et enfin précipitée par le carbonate de soude, qui en sépara 18 p. de zinc.

Les produits de l'analyse sont donc en définitive :

Cuivre,	70,0 ;
Zinc,	29,2.
	99,2.
Perte,	0,8.
	100,00.

On voit maintenant que si le procédé d'analyse eût été exact, le précipité de cuivre, au lieu de peser 111,5, n'aurait dû peser que 87,5, et celui de zinc 36,5, au lieu de 14; différence trop considérable pour pouvoir être attribuée à une erreur de manipulation.

M. Keates recommande en conséquence de substituer à l'ancien procédé celui où l'on emploie la précipitation par le fer, et il donne comme exemple l'analyse suivante d'un alliage connu d'avance.

(*A*) 70 p. de cuivre et 30 de zinc furent dissoutes dans l'acide nitrique étendu ; on ajouta un peu d'acide sulfurique à la dissolution, et on l'évapora à siccité, puis on fit redissoudre le tout dans un excès d'acide sulfurique.

(*B*) Cette dissolution, étendue d'eau, fut portée à l'ébullition, et maintenue à cet état jusqu'à ce qu'elle fût à-peu-près décolorée par deux cylindres de fer bien décapés, qu'on y plongea; et l'on s'assura d'ailleurs, en

essayant la liqueur avec une petite lame de fer, que tout le cuivre avait été séparé.

(*C*) La liqueur fut alors filtrée encore chaude, et le cuivre lavé avec un peu d'acide sulfurique étendu, puis avec de l'eau bouillante. Séché et fondu dans un creuset recouvert de charbon pulvérisé, il donna un bouton du poids de 69,5 p.

La liqueur, filtrée, fut ensuite bouillie avec de l'acide nitrique pour oxider le fer au *maximum* ; on y ajouta ensuite de l'ammoniaque et l'on sépara le fer par filtration. La liqueur, traitée par l'acide muriatique, fut évaporée à siccité dans un creuset d'argent et calcinée afin d'en chasser tout le muriate d'ammoniaque, après quoi le résidu fut redissous dans l'acide muriatique et précipité par un excès de carbonate de soude. On obtint ainsi 36,75 d'oxide de zinc, équivalent à 29,4 de zinc.

On trouve donc ainsi :

Cuivre,	69,5 ;
Zinc,	29,4.
	98,9.
Perte,	1,1.
	100,0.

En faisant cette analyse, il faut avoir le soin de chasser tout l'acide nitrique de la solution (*A*), et d'y ajouter un assez grand excès d'acide sulfurique pour empêcher le cuivre de s'attacher trop fortement au fer. On doit continuer l'ébullition jusqu'à ce que la liqueur cesse d'être colorée ou d'indiquer du cuivre par les réactifs; on

filtre alors et on lave le précipité avec un peu d'acide sulfurique très-étendu. La précipitation à chaud a beaucoup d'avantage sur la simple immersion du fer à froid. Par la première méthode, on obtient généralement une précipitation complète en une heure ; tandis que, par la seconde, la dissolution tient encore du cuivre au bout de trois ou quatre jours, et même quand elle est complète (ce qui a rarement lieu), il se dépose de l'oxide de fer qu'il est fort difficile de séparer sans courir le risque d'enlever en même temps une partie du cuivre ; et de plus le cuivre adhère quelquefois si fortement au fer que son évaluation est rendue impraticable.

Quant au dissolvant duquel on doit précipiter le cuivre, l'acide sulfurique présente un avantage décidé sur tous les autres : si l'alliage contient du plomb, il est alors rendu insoluble ; et le cuivre précipité n'a rien à craindre du liquide surnageant, ce qui n'a pas lieu dans le cas de l'acide nitrique (1).

---

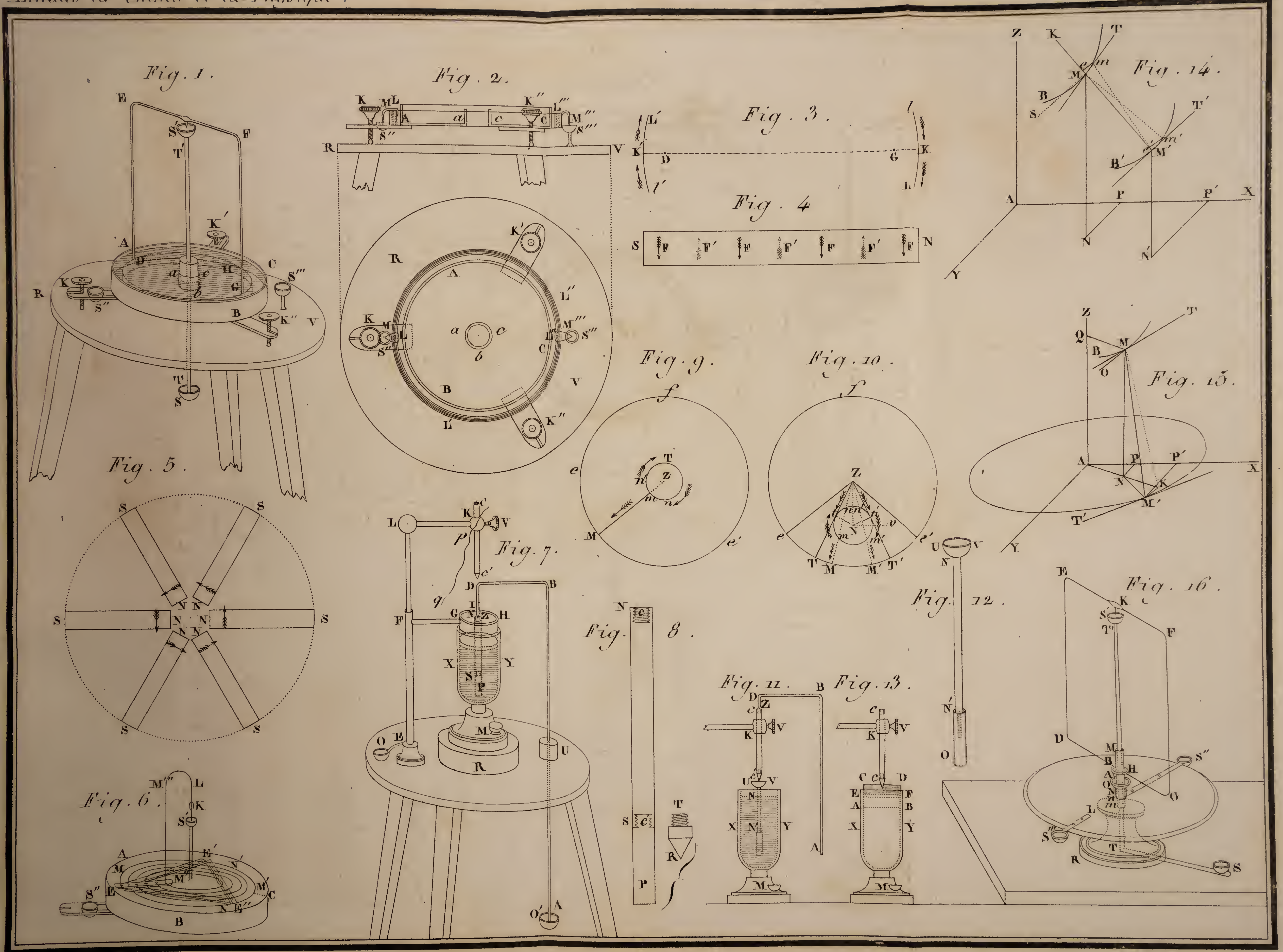
(1) *Voyez* le Mémoire de M. Vauquelin sur l'analyse du laiton (*Annales de Chimie*. XXVIII. 40. On y trouve plusieurs observations très-importantes à connaître. R.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	756,52	+17,8	75	756,32	+20,6	70	755,55	+20,4	68	754,66	+15,6	91	+20,6	+12,4	Très-nuageux.	S. O.
2	752,50	+17,8	76	752,55	+20,6	68	753,15	+18,0	78	756,16	+13,2	89	+20,6	+11,1	Nuageux.	O.
3	758,75	+18,7	78	758,53	+20,5	68	757,67	+20,4	58	757,10	+16,1	89	+20,5	+10,0	Nuageux.	O. N. O.
4	753,95	+22,1	71	752,76	+22,7	65	751,84	+19,0	78	751,48	+15,3	94	+23,9	+13,4	Couvert.	O.
5	752,35	+17,0	86	752,70	+20,0	72	752,83	+21,4	67	754,80	+16,0	91	+21,4	+13,4	Très-nuageux.	N.
6	757,57	+19,4	75	757,80	+20,3	67	757,43	+21,0	63	758,86	+16,6	85	+22,8	+11,5	Couvert.	N. E.
7	760,70	+20,4	74	760,43	+23,1	67	759,75	+24,5	64	759,46	+18,7	78	+24,5	+11,2	Nuageux.	O. N. O.
8	757,48	+24,0	69	756,27	+27,0	55	754,86	+27,2	58	754,53	+20,6	82	+27,5	+15,1	Trouble et nuageux.	S. E.
9	753,90	+19,5	77	753,66	+22,8	67	753,35	+22,5	68	754,77	+17,0	83	+22,8	+15,0	Très-nuageux.	O.
10	755,02	+19,5	82	754,38	+22,2	70	753,58	+24,0	70	754,00	+17,5	88	+24,0	+14,0	Couvert.	O. S. O.
11	754,26	+21,2	79	753,95	+24,9	70	753,19	+24,9	67	753,25	+18,2	90	+25,3	+15,5	Très-nuageux.	O.
12	753,17	+20,9	89	753,29	+24,8	72	753,40	+25,2	71	754,73	+18,7	91	+25,2	+17,0	Couvert.	O.
13	757,60	+21,0	73	757,50	+23,6	68	757,00	+24,1	65	758,15	+19,6	91	+24,1	+13,0	Nuageux.	O.
14	757,50	+24,1	75	756,08	+26,2	70	753,62	+26,8	64	751,95	+22,5	73	+27,0	+15,8	Nuageux.	S. S. E.
15	754,30	+21,2	74	755,26	+22,5	66	756,30	+22,5	61	758,58	+18,0	80	+22,5	+17,5	Nuageux.	O. fort.
16	760,40	+21,4	75	760,36	+22,0	71	760,12	+22,9	67	761,53	+16,9	84	+22,9	+15,2	Quelques éclaircies.	O.
17	763,96	+20,0	81	763,40	+24,6	71	762,48	+23,9	66	763,10	+19,3	89	+24,6	+13,8	Nuageux.	O. N. O.
18	762,15	+21,9	75	761,15	+24,6	70	760,14	+26,0	67	759,93	+21,5	86	+26,1	+14,0	Beau.	O. faible.
19	759,55	+24,5	71	758,87	+27,0	66	757,73	+27,9	62	757,82	+24,0	82	+27,9	+15,0	Légers nuages.	E.
20	758,10	+25,0	74	757,30	+28,5	69	756,80	+30,1	60	757,00	+24,7	74	+30,2	+17,2	Petits nuages clairs.	N. E. faible.
21	756,20	+26,5	81	755,45	+25,5	75	756,13	+25,0	78	755,45	+22,5	86	+29,0	+19,0	Quelques gout. d'eau.	E.
22	755,08	+25,4	76	754,83	+27,0	75	753,9	+28,0	69	754,78	+21,5	90	+28,0	+18,0	Nuageux.	O. S. O.
23	756,23	+20,6	80	756,06	+23,8	74	755,58	+23,9	71	756,58	+18,0	93	+25,1	+16,2	Très-nuageux.	O.
24	755,80	+21,1	73	754,70	+23,8	67	753,13	+25,4	65	752,22	+18,8	77	+25,4	+13,4	Voilé.	O. N. O.
25	752,70	+18,1	82	753,22	+21,0	69	753,16	+20,7	67	753,38	+16,2	85	+21,8	+15,0	Nuageux.	O. N. O.
26	752,35	+18,0	81	751,45	+21,3	72	751,40	+19,0	81	753,10	+14,0	89	+21,2	+12,4	Nuageux.	S. O.
27	751,86	+15,4	92	751,65	+17,5	89	750,47	+17,0	82	751,06	+13,6	96	+17,5	+12,0	Très-couvert, pluie.	S.
28	751,86	+18,4	84	751,12	+22,3	79	749,70	+22,3	81	748,73	+18,8	98	+22,3	+11,8	Couvert.	E. S. E.
29	750,03	+19,5	80	750,62	+20,5	70	750,48	+20,5	66	753,10	+13,7	92	+20,5	+13,7	Couvert.	S. O. fort.
30	755,75	+19,1	79	755,05	+22,3	63	753,50	+22,4	64	754,10	+16,2	94	+22,4	+10,4	Très-nuageux.	S. S. O.
31	755,84	+19,0	82	755,73	+16,2	88	755,26	+18,8	88	756,30	+15,8	88	+19,0	+13,5	Couvert.	S. O. faible.
1	755,87	+19,6	76	755,54	+22,0	67	755,00	+21,8	67	755,58	+16,7	87	+22,9	+12,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	758,10	+22,1	77	757,72	+24,9	69	757,08	+25,4	65	757,60	+20,3	84	+25,6	+15,4	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 2,468
3	753,97	+20,2	81	753,62	+21,9	75	753,01	+22,0	74	753,53	+17,2	89	+22,9	+14,1	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 2,299
	755,92	+20,6	78	755,56	+22,9	71	754,97	+23,1	69	755,51	+18,0	87	+23,8	+14,1	Moyennes du mois, +18°,9.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU VINGTIÈME VOLUME.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.

Bulletin de la Société d'Encouragement, N.° CCIV.

Lampe à double courant d'air et à plusieurs becs concentriques pour l'éclairage des Phares, de M.M.rs Arago et Fresnel.

Fig. 8.

F

D

E

B

Fig. 6.

R

L

L

P

L

C

A

B

C'

R

Fig. 4.

Fig. 7.

Fig. 5.

C'

R

C

P

L

L

A

B

R

L

R

C''

C'''

Fig. 3.

Fig. 1.ère

Fig. 2.

Normand fils, del. sculp.

